



**ITS**

Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR - TE 141599**

**RANCANG BANGUN ANTENA *MICROSTRIP ARRAY*  
UNTUK SISTEM RADAR BERBASIS *SOFTWARE  
DEFINED RADIO***

Nazmi Rasyidin  
NRP 2211 100 181

Dosen Pembimbing  
Prof. Ir. Gamantyo Hendrantoro, M.Eng., Ph.D.  
Eko Setijadi, ST., MT., Ph.D.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016



**ITS**

Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - TE 141599

## **IMPLEMENTATION OF *MICROSTRIP* ARRAY ANTENNA FOR RADAR SYSTEM BASED ON SOFTWARE DEFINED RADIO**

Nazmi Rasyidin  
NRP 2211 100 181

Supervisors

Prof. Ir. Gamantyo Hendrantoro, M.Eng., Ph.D.  
Eko Setijadi, ST., MT., Ph.D.

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING  
Faculty of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2016

**RANCANG BANGUN ANTENA MICROSTRIP ARRAY  
UNTUK SISTEM RADAR BERBASIS SOFTWARE  
DEFINED RADIO**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan Untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro  
Pada**

**Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia  
Jurusan Teknik Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Menyetujui**

**Dosen Pembimbing I,**



**Prof. Ir. Gamantho H., M.Eng., Ph.D.**  
**NIP. 197011111993031002**

**Dosen Pembimbing II,**



**Eko Setijadi, ST., MT., Ph.D.**  
**NIP. 197210012003121002**





# **RANCANG BANGUN ANTENA *MICROSTRIP ARRAY* UNTUK SISTEM RADAR BERBASIS *SOFTWARE DEFINED RADIO***

Nazmi Rasyidin  
2211 100 181

Dosen Pembimbing : 1. Prof. Ir. Gamantyo Hendrantoro, M.Eng., Ph.D.  
2. Eko Setijadi, ST., MT., Ph.D.

## **ABSTRAK**

Penggunaan radar yang luas seperti radar cuaca, *tracking*, *acquisition and search*, dan kebutuhan indonesia terhadap radar untuk melakukan pengamanan terhadap wilayah Negara Indonesia mendorong Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) untuk melakukan penelitian mengenai radar. Radar yang digunakan adalah radar berbasis *software defined radio (SDR)*. Dalam melakukan penelitian mengenai radar dibutuhkan antenna sebagai perangkat yang mengirim dan menerima sinyal. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut maka dirancang antenna yang bisa bekerja dengan radar *software defined radio*.

Perancangan dilakukan dengan antenna berbasis *microstrip*. Perancangan antenna dilakukan dalam dua tahap yaitu simulasi dan pembuatan antenna (pabrikasi). Pada tahap simulasi dilakukan perancangan antenna yaitu desain antenna untuk satu elemen lalu elemen tersebut didesain menjadi antenna *array*. Setelah pabrikasi dilakukan maka antenna yang telah dirancang diuji untuk mengetahui kinerja antenna tersebut. Rancangan antenna *microstrip* ini menggunakan *rectangular patch*, dan pencatutan daya *microstrip line* menggunakan metode transformator seperempat panjang gelombang. Hasil simulasi menunjukkan elemen yang digunakan untuk array sejumlah enam belas elemen, dengan frekuensi kerja 2,944GHz sampai dengan 3,0509 GHz, pola radiasi *directional*, half power beamwidth (HPBW) 5°, dan penguatan (*gain*) maksimum 10,4 dB. Hasil pengukuran menunjukkan frekuensi kerja 2,964 GHz sampai dengan 2,992 GHz, pola radiasi *directional*, HPBW 10° dan *gain* 8,2 dB.

**Kata Kunci :**Antena *Microstrip Array*, *Rectangular Patch*

# **IMPLEMENTATION OF *MICROSTRIP* ARRAY ANTENNA FOR RADAR SYSTEM BASED ON SOFTWARE DEFINED RADIO**

Nazmi Rasyidin  
2211 100 181

Supervisor : 1. Prof. Ir. Gamantyo Hendrantoro, M.Eng., Ph.D.  
2. Eko Setijadi, ST., MT., Ph.D.

## **ABSTRACT**

Extensive use of radar as weather radar, tracking, acquisition and search, and Indonesia needs to radar to do security on the territory of Indonesia encourage Institute of Technology (ITS) to conduct research on radar. Radar used is a radar-based software-defined radio (*SDR*). In doing research on the radar, antenna is needed as a device that sends and receives signals. To meet these needs, the antenna is designed to work with *software defined radio* radar.

The design is done with microstrip based antennas. The design of the antenna is done in two stages, simulation and manufacture of antennas. At this stage of the simulation to design antenna is an antenna design for one last element that element is designed to be an antenna array. Once the manufacturing is done then the antenna has been designed tested to determine the antenna's performance. The design of microstrip antenna using rectangular patch, and power rationing microstrip line using a quarter wavelength transformer. The simulation results show the elements used for the array element number sixteen, with a working frequency 2,944GHz up to 3,0509 GHz, directional radiation pattern, half power beamwidth (HPBW)  $5^0$ , and the strengthening (gain) a maximum of 10.4 dB. The measurement results show the working frequency of 2,964 GHz to 2,992 GHz, directional radiation pattern, HPBW  $10^0$  and a gain of 8,2 dB.

**Keyword :** *Microstrip Array* Antenna, Rectangular *Patch*

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT serta tak lupa shalawat dan salam dihaturkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat dan pengikut beliau hingga akhir zaman. Karena atas rahmat dan karunia – Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan buku Tugas Akhir dengan judul :

### **“RANCANG BANGUN ANTENA *MICROSTRIP ARRAY* UNTUK SISTEM RADAR BERBASIS *SOFTWARE DEFINED RADIO* ”**

Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan Strata – 1 pada Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh nopember Surabaya.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini banyak mengalami kendala, namun berkat bantuan, bimbingan dan kerjasama dari berbagai pihak segala kendala dapat teratasi. Untuk itu penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua, Bapak Hasmi Effendi dan Ibu Hermiati yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan doa kepada penulis,
2. Bapak Prof. Ir. Gamantyo Hendrantoro, M.Eng., Ph.D. dan Bapak Eko Setijadi, ST., MT., Ph.D. Pembimbing atas segala bantuan, perhatian, dan arahan selama pengerjaan Tugas Akhir ini,
3. Bapak dan Ibu Dosen Pengajar di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya,
4. Rekan-rekan e51 dan LJ atas segala motivasi yang selalu diberikan,
5. Teman-teman Kalpataru, khususnya K28 yang selalu bersama dulu, sekarang dan hingga seterusnya

Penulis menyadari bahwa pada penyusunan laporan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan-kekurangan karena keterbatasan kemampuan yang penulis miliki, walaupun demikian penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi yang membutuhkannya.

Surabaya, Desember 2015



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN .....</b>	<b>v</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xxi</b>
<b>1 BAB 1 PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan .....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Metodologi .....	2
1.4.1 Studi Literatur .....	2
1.4.2 Desain Antena <i>Microstrip</i> .....	2
1.4.3 Desain Antena <i>Microstrip Array</i> .....	2
1.4.4 Pabrikasi Antena <i>Microstrip Array</i> .....	3
1.4.5 Pengukuran Kinerja Antena <i>Microstrip Array</i> .....	3
1.4.6 Analisis Data .....	3
1.5 Sistematika Pembahasan.....	3
1.6 Relevansi .....	4
<b>2 BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Sistem Radar.....	5
2.2 Antena .....	6
2.2.1 Parameter antena .....	6
2.2.1.1 Scattering Parameter (S-Parameter) .....	6
2.2.1.2 Koefisien Refleksi .....	7
2.2.1.3 Return loss.....	8
2.2.1.4 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) .....	9
2.2.1.5 Bandwidth .....	10
2.2.1.6 Pola Radiasi.....	10
2.2.1.7 Gain .....	12
2.3 Antena <i>Microstrip</i> .....	13
2.4 Pencatuan Antena .....	15
2.4.1 Pencatuan <i>Electromagnetically Coupled</i> .....	15
2.4.2 Pencatuan <i>Coaxial Probe</i> .....	16

2.4.3	Pencatuan <i>Microstrip line</i> .....	16
2.5	Antena Array .....	17
2.6	Penyesuaian Impedansi <i>Transformator</i> Seperempat Panjang Gelombang .....	18
<b>3</b>	<b>BAB 3 PERANCANGAN ANTENA</b> .....	<b>21</b>
3.1	Garis Besar Pelaksanaan Tugas Akhir .....	21
3.2	Perancangan Antena <i>Microstrip Rectangular Patch</i> .....	23
3.2.1	Perhitungan Dimensi <i>Rectangular Patch</i> dan <i>Ground Plane</i> .....	24
3.2.2	Perhitungan Dimensi Saluran Transmisi .....	25
3.2.3	Simulasi dan Optimasi Antena .....	26
3.3	Perancangan Antena <i>Microstrip Array</i> .....	32
3.3.1	Perhitungan Dimensi, Jumlah Elemen, Jarak antar Elemen .....	32
3.3.2	Perancangan Saluran Transmisi .....	33
3.3.3	Simulasi Antena <i>Microstrip Array</i> .....	34
<b>4</b>	<b>BAB 4 REALISASI DAN PENGUKURAN KINERJA ANTENA</b> .....	<b>39</b>
4.1	Realisasi Desain Antena <i>Microstrip array</i> .....	39
4.2	Pengukuran Kinerja Antena <i>Microstrip array</i> .....	39
4.2.1	Prosedur Pengukuran Antena .....	39
4.2.2	Prosedur Kalibrasi Alat Ukur .....	40
4.2.3	Prosedur Pengukuran <i>Return loss</i> , <i>VSWR</i> , <i>Bandwidth</i> , dan Impedansi <i>Input</i> .....	40
4.2.4	Prosedur Pengukuran Pola Radiasi .....	42
4.2.5	Prosedur Pengukuran <i>Gain</i> .....	43
4.3	Hasil Pengukuran Antena <i>Microstrip array</i> .....	44
4.3.1	Hasil Pengukuran <i>Return loss</i> dan <i>Bandwidth</i> .....	44
4.3.2	Hasil Pengukuran <i>VSWR</i> .....	46
4.3.3	Hasil Pengukuran Impedansi <i>Input</i> .....	46
4.3.4	Hasil Pengukuran Pola Radiasi .....	47
4.3.5	Hasil Pengukuran <i>Gain</i> .....	48
4.4	Analisis Perbandingan Hasil Simulasi dan Hasil Pengukuran Antena <i>Microstrip Array</i> .....	49
4.4.1	Analisis Perbandingan Nilai <i>Return loss</i> .....	49
4.4.2	Analisis Perbandingan Nilai <i>VSWR</i> .....	50
4.4.3	Analisis Perbandingan Nilai Impedansi <i>Input</i> .....	51
4.4.4	Analisis Perbandingan Pola Radiasi .....	52
4.4.5	Analisis Perbandingan Nilai <i>Gain</i> .....	53



4.4.6	Analisis Perbandingan Setiap Parameter .....	54
4.5	Sintesis.....	55
<b>5</b>	<b>BAB 5 PENUTUP.....</b>	<b>57</b>
5.1	Kesimpulan.....	57
5.2	Saran.....	58
	<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>59</b>
<b>6</b>	<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>61</b>
	LAMPIRAN A PROPOSAL TUGAS AKHIR .....	61
	LAMPIRAN B DATA HASIL PENGUKURAN KINERJA ANTENA <i>MICROSTRIP ARRAY</i> .....	62
	LAMPIRAN C SPESIFIKASI PERANGKAT .....	71
	<b>BIOGRAFI PENULIS .....</b>	<b>95</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Prinsip kerja radar[1] .....	5
<b>Gambar 2.2</b> Konsep S-Parameter dengan dua terminal[3] .....	7
<b>Gambar 2.3</b> Pola radiasi antena[2] .....	11
<b>Gambar 2.4</b> Struktur antena <i>microstrip</i> [5].....	14
<b>Gambar 2.5</b> Macam-macam bentuk <i>patch</i> antena <i>microstrip</i> [5] .....	14
<b>Gambar 2.6</b> Antena <i>microstrip</i> dengan pencatutan <i>electromagnetically coupled</i> [5] .....	15
<b>Gambar 2.7</b> Antena <i>microstrip</i> dengan pencatutan <i>coaxial probe</i> [5]...	16
<b>Gambar 2.8</b> Antena <i>microstrip</i> dengan pencatutan <i>microstrip line</i> [5].	17
<b>Gambar 2.9</b> Antena <i>microstrip array linear</i> dan pola radiasinya .....	18
<b>Gambar 2.10</b> Struktur <i>transformator</i> seperempat panjang gelombang[8] .....	19
<b>Gambar 3.1</b> <i>Flowchart</i> pengerjaan tugas akhir.....	22
<b>Gambar 3.2</b> Struktur desain antena <i>microstrip</i> .....	26
<b>Gambar 3.3</b> Nilai <i>return loss</i> hasil simulasi antena <i>microstrip</i> .....	27
<b>Gambar 3.4</b> Nilai VSWR hasil simulasi antena <i>microstrip</i> .....	27
<b>Gambar 3.5</b> Nilai impedansi <i>input</i> hasil simulasi antena <i>microstrip</i> ...	27
<b>Gambar 3.6</b> Simulasi optimasi penambahan dimensi <i>ground plane</i> ...	28
<b>Gambar 3.7</b> Struktur desain antena <i>microstrip</i> optimasi pertama.....	28
<b>Gambar 3.8</b> Nilai <i>return loss</i> hasil simulasi antena <i>microstrip</i> optimasi pertama.....	29
<b>Gambar 3.9</b> Nilai VSWR hasil simulasi antena <i>microstrip</i> optimasi pertama.....	29
<b>Gambar 3.10</b> Nilai impedansi <i>input</i> hasil simulasi antena <i>microstrip</i> optimasi pertama .....	29
<b>Gambar 3.11</b> Hasil simulasi optimasi penambahan dimensi <i>ground plane</i> .....	30
<b>Gambar 3.12</b> Struktur desain antena <i>microstrip</i> optimasi kedua .....	30
<b>Gambar 3.13</b> Nilai <i>return loss</i> hasil simulasi antena <i>microstrip</i> optimasi kedua .....	31
<b>Gambar 3.14</b> Nilai VSWR hasil simulasi antena <i>microstrip</i> optimasi kedua .....	31
<b>Gambar 3.15</b> Nilai impedansi <i>input</i> hasil simulasi antena <i>microstrip</i> optimasi kedua .....	31
<b>Gambar 3.16</b> Struktur <i>transformator</i> seperempat panjang gelombang	33
<b>Gambar 3.17</b> Struktur desain antena <i>microstrip array</i> 16 elemen.....	34

<b>Gambar 3.18</b> Nilai <i>return loss</i> hasil simulasi antena <i>microstrip array</i> 16 elemen.....	34
<b>Gambar 3.19</b> Nilai VSWR hasil simulasi antena <i>microstrip array</i> 16 elemen.....	34
<b>Gambar 3.20</b> Nilai impedansi <i>input</i> hasil simulasi antena <i>microstrip array</i> 16 elemen.....	35
<b>Gambar 3.21</b> Pola radiasi bidang horizontal hasil simulasi antena <i>microstrip array</i> 16 elemen .....	35
<b>Gambar 3.22</b> Nilai <i>return loss</i> hasil simulasi antena <i>microstrip array</i> 16 elemen setelah penyesuaian .....	36
<b>Gambar 3.23</b> Nilai VSWR hasil simulasi antena <i>microstrip array</i> 16 elemen setelah penyesuaian .....	36
<b>Gambar 3.24</b> Nilai impedansi <i>input</i> hasil simulasi antena <i>microstrip array</i> 16 elemen setelah penyesuaian .....	36
<b>Gambar 3.25</b> Pola radiasi hasil simulasi antena <i>microstrip array</i> 16 elemen setelah penyesuaian .....	37
<b>Gambar 4.1</b> Realisasi antena <i>microstrip array</i> .....	39
<b>Gambar 4.2</b> Posisi pengukuran <i>return loss</i> , VSWR, <i>bandwidth</i> , dan impedansi <i>input</i> di ruangan <i>anechoic chamber</i> PENS.....	41
<b>Gambar 4.3</b> Posisi pengukuran pola radiasi, dan <i>gain</i> di lapangan PENS .....	44
<b>Gambar 4.4</b> Hasil pengukuran <i>return loss</i> di PENS.....	45
<b>Gambar 4.5</b> Hasil pengukuran VSWR di PENS .....	46
<b>Gambar 4.6</b> Hasil pengukuran impedansi <i>input</i> di PENS .....	47
<b>Gambar 4.7</b> Hasil pengukuran pola radiasi pada bidang horizontal.....	48
<b>Gambar 4.8</b> Nilai <i>return loss</i> hasil simulasi antena <i>microstrip array</i> ..	49
<b>Gambar 4.9</b> Hasil pengukuran <i>return loss</i> di PENS.....	49
<b>Gambar 4.10</b> Nilai impedansi <i>input</i> hasil simulasi antena <i>microstrip array</i> .....	50
<b>Gambar 4.11</b> Hasil pengukuran VSWR di fasilitas pengukuran PENS.....	51
<b>Gambar 4.12</b> Nilai impedansi <i>input</i> hasil simulasi antena <i>microstrip array</i> .....	51
<b>Gambar 4.13</b> Hasil pengukuran impedansi <i>input</i> di PENS .....	52
<b>Gambar 4.14</b> Pola radiasi bidang horizontal hasil simulasi antena <i>microstrip array</i> 16 elemen .....	52
<b>Gambar 4.15</b> Hasil pengukuran pola radiasi pada bidang horizontal ...	53



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.1</b> Kriteria antena <i>microstrip array</i> yang diinginkan .....	23
<b>Tabel 3.2</b> Spesifikasi <i>FR4 Epoxy</i> .....	23
<b>Tabel 3.3</b> Desain antena <i>microstrip</i> hasil perhitungan .....	26
<b>Tabel 4.1</b> Hasil pengukuran <i>bandwidth</i> antena <i>microstrip array</i> .....	45
<b>Tabel 4.2</b> Hasil pengukuran <i>gain</i> antena <i>microstrip array</i> .....	48
<b>Tabel 4.3</b> Hasil pengukuran <i>gain</i> antena <i>microstrip array</i> .....	53
<b>Tabel 4.4</b> Perbandingan parameter target, hasil simulasi, dan hasil pengukuran .....	54
<b>Tabel B.1</b> Data hasil pengukuran <i>return loss</i> di PENS .....	62
<b>Tabel B.2</b> Data hasil pengukuran VSWR di PENS .....	65
<b>Tabel B.3</b> Data hasil pengukuran pola radiasi .....	69

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kondisi geografis Negara Indonesia yang merupakan negara kepulauan dengan 17.499 pulau dengan luas perairan laut yang mencapai 5,8 juta km<sup>2</sup> dan posisinya berada diantara dua benua dan dua samudra, menjadikan wilayah Negara Indonesia sebagai lalu lintas perdagangan nasional maupun internasional. Strategisnya wilayah Negara Indonesia dan untuk menjaga keamanan Negara Indonesia mendorong Pemerintah Indonesia untuk melakukan pengaman terhadap wilayah dan kekayaan alam yang ada di Negara Indonesia. Salah satu cara untuk melakukan pengamanan adalah dengan menggunakan radar untuk mengawasi wilayah Indonesia.

Kebutuhan akan radar bagi Negara Indonesia mendorong ITS untuk melakukan penelitian mengenai radar yaitu radar berbasis *software defined radio* (SDR). Namun keterbatasan antenna yang dapat digunakan menjadi hambatan dalam melakukan penelitian. Radar *software defined radio* yang Antena *microstrip* yang ringan, kecil, dan mudah untuk dilakukan pabrikan cocok untuk diaplikasikan pada radar berbasis *software defined radio* yang ringkas dan kecil. Akan tetapi antenna *microstrip* memiliki kelemahan yaitu gain rendah dan HPBW lebar. Dimana sistem radar membutuhkan antenna yang memiliki gain tinggi dan HPBW sempit. Permasalahan tersebut dapat diselesaikan dengan merancang antenna *microstrip array*. Karena antenna *array* memiliki efek peningkatan gain dan penyempitan HPBW.

Untuk menyelesaikan permasalahan yang ada maka dipilihlah tugas akhir yang berjudul **Rancang Bangun Antena Microstrip Array untuk Sistem Radar Berbasis Software Defined Radio**. Perancangan desain antenna *microstrip* dilakukan dengan menggunakan *rectangular patch* tiap elemennya, *ground plane* penuh, dan *power divider t-junction* pada saluran transmisinya. Penelitian ini nantinya menjadi dasar untuk pengembangan penelitian mengenai antenna *phased array*. Antena *phased array* adalah antenna dimana *phase* dari masing-masing elemen antenna bisa diubah atau diatur sedemikian rupa sehingga arah pancaran radiasi dari antenna *phased array* bisa berubah dan bisa diatur.

## 1.2 Permasalahan

Dalam tugas akhir ini permasalahan yang ada meliputi :

1. Parameter yang dibutuhkan, nilai parameter dan material yang digunakan untuk antena sistem radar,
2. Desain dan hasil simulasi antena,
3. Pengukuran terhadap parameter-parameter yang dibutuhkan setelah realisasi,
4. Perbandingan antara hasil simulasi dan hasil pengukuran.

## 1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui rancangan antena yang bisa digunakan untuk sistem radar berbasis *software defined radio*,
2. Mengetahui kinerja dari antena yang telah dirancang.

## 1.4 Metodologi

Metode Penelitian yang digunakan pada tugas akhir ini terbagi menjadi enam tahap sebagai berikut:

### 1.4.1 Studi Literatur

Pada tahapan studi literatur yang dilakukan adalah pengumpulan literatur yang berhubungan dengan Topik Tugas Akhir untuk menunjang pengerjaan Tugas Akhir. Sumber literatur yang dikumpulkan antara lain jurnal, buku, dan laporan tugas akhir sebelumnya

### 1.4.2 Desain Antena *Microstrip*

Pada tahapan ini dilakukan perancangan antena *microstrip rectangular patch* berdasarkan perhitungan secara matematis. Lalu desain antena disimulasikan untuk melihat kinerja dari antena, optimasi dilakukan untuk mendapatkan kinerja yang diinginkan. Hasil simulasi antena *microstrip* yang telah dilakukan optimasi akan digunakan pada pengembangan antena *microstrip array* pada tahap selanjutnya untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dan kinerja yang sesuai.

### 1.4.3 Desain Antena *Microstrip Array*

Pada tahapan ini rancangan antena *microstrip* yang sebelumnya sudah didapatkan dirancang menjadi antena *microstrip array*, pada tahap ini antena *microstrip* diatur jarak antar elemennya untuk mendapatkan



kinerja yang terbaik. Pada tahap ini juga dirancang *power divider t-junction* sebagai saluran transmisi dari antenna *microstrip array*.

#### **1.4.4 Fabrikasi Antena *Microstrip Array***

Proses fabrikasi dilakukan di tempat khusus pembuatan antenna *microstrip*.

#### **1.4.5 Pengukuran Kinerja Antena *Microstrip Array***

Tahap pengukuran antenna *microstrip array* dilakukan dengan mengukur kinerja antenna *microstrip array* dengan menggunakan perangkat *Vector Network Analyzer (VNA)*, *Spectrum Analyzer*, dan perangkat pendukung lainnya.

#### **1.4.6 Analisis Data**

Pada tahapan ini ini, proses pengumpulan data hasil simulasi dan pengukuran dilakukan untuk menganalisis kinerja dari antenna yang telah dibuat. Hasil dari analisis tersebut akan disusun menjadi buku laporan sebagai laporan hasil pengerjaan Tugas Akhir.

### **1.5 Sistematika Pembahasan**

Pembahasan dalam tugas akhir ini akan dibagi dalam lima bab dengan sistematika sebagai berikut:

#### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Pada bab ini akan diuraikan mengenai latar belakang, permasalahan, tujuan penelitian, metodologi penelitian, sistematika laporan, dan relevansi.

#### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini membahas mengenai teori-teori yang terkait dengan pengerjaan Tugas Akhir.

#### **BAB 3 PERANCANGAN ANTENA**

Pada bab ini dijelaskan langkah-langkah yang dilakukan untuk mencapai tujuan dari penelitian. Hasil akhir dari tahap ini adalah desain antenna *microstrip array* yang akan di fabrikasi.

## **BAB 4 REALISASI DAN PENGUKURAN KINERJA ANTENA**

Pada bab ini berisi realisasi dari desain antena *microstrip array*, dan hasil pengukuran kinerja dari antena *microstrip*. Dari hasil pengukuran dan simulasi lalu dilakukan analisis dan pembahasan yang berhubungan dengan tujuan dari penelitian.

## **BAB 5 PENUTUP**

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan, dan saran berdasarkan yang telah dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir ini.

### **1.6 Relevansi**

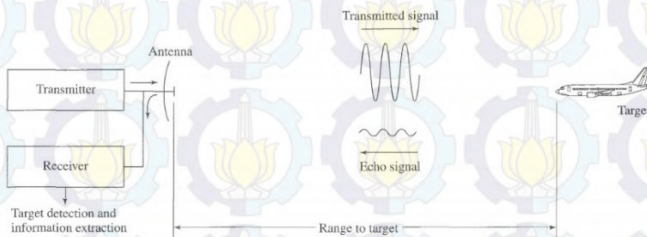
Dari laporan Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada pembaca terutama tentang perancangan antena *microstrip array*. Beberapa teknik yang digunakan pada perancangan antena yang digunakan diharapkan dapat menjadi referensi pada pengembangan teknologi perancangan antena *microstrip* selanjutnya

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Sistem Radar

Radar adalah sistem yang menggunakan sinyal elektromagnetik untuk mendeteksi dan mengetahui posisi suatu target yaitu dengan mengolah gema sinyal elektromagnetik yang dipantulkan oleh target[1]. Prinsip kerja dari radar adalah pengirim (*transmitter*) memancarkan sinyal elektromagnetik ke ruang bebas, jika ada suatu target yang berada pada lintasan perambatan sinyal elektromagnetik maka ada energi sinyal yang tertahan oleh target dan ada juga sinyal yang dipantulkan ke berbagai arah, salah satunya adalah sinyal yang terpantulkan ke penerima (*receiver*) dari radar. Sinyal yang terpantulkan ke penerima itulah yang diolah untuk menentukan posisi target. Prinsip kerja radar dapat dilihat pada gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Prinsip kerja radar[1]

Jarak target dapat diketahui dengan menghitung waktu yang dibutuhkan oleh sinyal merambat ke target dan dipantulkan ke penerima. Lokasi target dalam sudut dapat diketahui dengan mendeteksi amplitudo maksimum dari penerima yang memiliki HPBW sempit. Dengan mengetahui dua komponen yaitu jarak dan sudut kedatangan dari sinyal yang terpantul maka posisi dari target dapat diketahui.

Pada sistem radar parameter antenna yang paling berpengaruh adalah HPBW dan *gain*. Radar membutuhkan beamwidth yang sempit, dan *gain* antenna berpengaruh pada jarak maksimum radar dalam mendeteksi target, yang didapatkan dari persamaan :



$$R_{max} = \left[ \frac{P_t A_e^2 \sigma}{4\pi\lambda^2 S_{min}} \right]^{1/4} \quad (2.1)$$

Keterangan :

- $R_{max}$  : jarak maksimum target
- $P_t$  : daya yang ditransmisikan
- $A_e$  : wilayah efektif antena
- $\lambda$  : panjang gelombang elektromagnetik
- $S_{min}$  : daya minimum sinyal yang bisa dideteksi

## 2.2 Antena

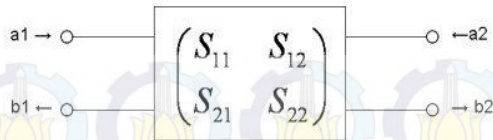
Antena adalah perangkat yang meradiasikan atau menerima sinyal elektromagnetik dari atau ke ruang bebas[2]. Pada sistem komunikasi, suatu sinyal ditransmisikan dari satu titik ke titik lainnya. Transmisi sinyal dilakukan dengan beberapa cara salah satunya adalah transmisi sinyal elektromagnetik melalui ruang bebas, dengan antena sinyal yang datang dari saluran transmisi dapat dipancarkan ruang bebas. Saluran transmisi adalah media yang berfungsi menghantarkan sinyal, jika sinyal melalui saluran transmisi yang tak berhingga panjangnya maka akan timbul gelombang yang merambat secara *uniform* pada saluran transmisi. Apabila saluran transmisi tersebut dihubung singkat maka akan timbul gelombang berdiri yang disebabkan oleh *interferensi* antara gelombang datang dan gelombang yang dipantulkan

### 2.2.1 Parameter antena

Dalam perancangan antena perlu diketahui kinerja dari antena tersebut agar nantinya antena sesuai dengan kebutuhan yang ingin dipenuhi, kinerja suatu antena dapat diketahui melalui parameter antena, parameter tersebut antara lain.

#### 2.2.1.1 Scattering Parameter (S-Parameter)

S-Parameter adalah besaran yang menggambarkan hubungan dari terminal masukan dan keluaran dari suatu saluran transmisi yang berkaitan dengan daya sinyal yang diteruskan maupun dipantulkan[3]. Konsep S-Parameter dalam dua terminal dapat dilihat pada gambar 2.3



**Gambar 2.2** Konsep S-Parameter dengan dua terminal[3]

Keterangan :

$S_{11}$  : perbandingan daya yang masuk dan keluar dari terminal 1

$S_{12}$  : perbandingan daya yang masuk dari terminal 1 dan keluar ke terminal 2

$S_{21}$  : perbandingan daya yang masuk dari terminal 2 dan keluar ke terminal 1

$S_{22}$  : perbandingan daya yang masuk dan keluar dari terminal 2

$a_1$  : daya yang masuk dari terminal 1

$a_2$  : daya yang masuk dari terminal 2

$b_1$  : daya yang keluar ke terminal 1

$b_2$  : daya yang keluar ke terminal 2

Dari gambar 2.3 maka didapatkan persamaan :

$$S_{11} = \frac{b_1}{a_1} \quad (2.2)$$

$$S_{12} = \frac{b_1}{a_2} \quad (2.3)$$

$$S_{21} = \frac{b_2}{a_1} \quad (2.4)$$

$$S_{22} = \frac{b_2}{a_2} \quad (2.5)$$

### 2.2.1.2 Koefisien Refleksi

Koefisien refleksi adalah perbandingan antara daya yang dipantulkan dengan daya yang masuk, bisa dikatakan koefisien refleksi sama dengan  $S_{11}$ [4]. Nilai koefisien refleksi yang merupakan fungsi daya bisa diubah menjadi fungsi tegangan melalui persamaan :

$$P = \frac{v^2}{Z_0} \quad (2.6)$$

$$\sqrt{P} = \frac{v}{Z_0} \quad (2.7)$$

Keterangan :

P : daya  
V : tegangan  
Z<sub>0</sub> : impedansi karakteristik

Koefisien refleksi tegangan ( $\Gamma$ ) adalah perbandingan antara tegangan yang dipantulkan ( $v^{0-}$ ) dan tegangan yang masuk ( $v^{0+}$ ) dengan persamaan :

$$\Gamma = \frac{v^{0-}}{v^{0+}} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (2.8)$$

Keterangan :

$\Gamma$  : koefisien refleksi tegangan  
 $v^{0-}$  : tegangan pantul  
 $v^{0+}$  : tegangan masuk  
 $Z_L$  : impedansi beban  
 $Z_0$  : impedansi karakteristik

Koefisien refleksi tegangan memiliki beberapa kondisi khusus antara lain :

1.  $\Gamma = -1$  : refleksi negatif maksimum, saluran terhubung singkat
2.  $\Gamma = 0$  : tidak ada refleksi, saluran match
3.  $\Gamma = 1$  : refleksi positif maksimum, saluran dalam rangkaian terbuka.

### 2.2.1.3 **Return loss**

*Return loss* merupakan bentuk logaritmik dari koefisien refleksi, dengan satuan desibel (dB), yang menyatakan perbandingan antara daya yang dipantulkan dan daya yang masuk[4]. Nilai *return loss* didapatkan dengan persamaan:

$$RL \text{ (dB)} = 20 \log |\Gamma| = 10 \log \frac{P_i}{P_r} \quad (2.9)$$

Keterangan :

RL : *return loss*



$\Gamma$  : koefisien refleksi tegangan  
 $P_i$  : tegangan pantul  
 $P_r$  : tegangan masuk

Nilai dari *return loss* digunakan untuk melihat kinerja dari antena, terutama untuk menentukan frekuensi kerja dari antena. Semakin rendah nilai *return loss* suatu antena maka akan semakin baik kinerja dari antena tersebut karena menandakan daya yang dipantulkan semakin kecil jika dibandingkan dengan daya yang masuk. Batas maksimum nilai *return loss* suatu antena adalah -10dB.

#### 2.2.1.4 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

Sesuai dengan namanya VSWR adalah perbandingan dari amplitudo tegangan gelombang berdiri, yaitu perbandingan amplitudo tegangan gelombang berdiri maksimum ( $|V_{max}|$ ) dan amplitudo tegangan gelombang berdiri minimum ( $|V_{min}|$ ). Besarnya nilai VSWR bisa didapatkan dari persamaan :

$$VSWR = \frac{|V_{max}|}{|V_{min}|} = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (2.10)$$

Keterangan :

VSWR : *voltage standing wave ratio*

$\Gamma$  : koefisien refleksi tegangan

$V_{max}$  : amplitudo tegangan gelombang berdiri maksimum

$V_{min}$  : amplitudo tegangan gelombang berdiri minimum

VSWR memiliki rentang nilai dari 1 hingga tak hingga. VSWR juga menjadi salah satu parameter yang digunakan untuk melihat kinerja dari antena, seperti *return loss* VSWR juga parameter yang menentukan frekuensi kerja dari antena. Semakin besar nilai VSWR maka kinerja antena semakin buruk. Kondisi paling baik adalah ketika VSWR bernilai 1 yang menandakan antena *match* dengan saluran transmisi sehingga tidak ada gelombang yang terpantulkan dari antena. Batas nilai maksimum VSWR untuk suatu antena adalah 2, sehingga antena dikatakan memiliki kinerja baik jika memiliki VSWR dibawah 2 pada frekuensi kerja dari antena tersebut.

### 2.2.1.5 *Bandwidth*

*Bandwidth* adalah rentang frekuensi dimana kinerja suatu perangkat masih dapat diterima[2]. Untuk antenna maka *bandwidth* adalah rentang frekuensi dimana VSWR dan *return loss* tidak melewati nilai maksimum untuk antenna. *Bandwidth* memiliki dua batas yaitu batas atas ( $f_1$ ) dan batas bawah ( $f_2$ ) dimana besarnya *bandwidth* adalah rentang nilai diantara tersebut untuk antenna *narrow band* atau *bandwidth* sempit sering disebutkan dalam persentase yang didapatkan dari persamaan :

$$BW = \frac{f_1 - f_2}{f_c} \times 100\% \quad (2.11)$$

Keterangan :

BW : *bandwidth*

$f_1$  : batas atas frekuensi kerja

$f_2$  : batas bawah frekuensi kerja

$f_c$  : titik tengah frekuensi kerja

### 2.2.1.6 *Pola Radiasi*

Pola radiasi adalah gambaran secara grafis karakteristik radiasi dari sebuah antenna[2]. Pola radiasi antenna disebut pola medan (*field pattern*) jika yang digambarkan adalah kuat medan. Untuk menyatakan pola radiasi secara grafis, maka pola radiasi dapat digambarkan dalam bentuk absolut atau relatif. Bentuk relatif artinya pola radiasi yang sudah ternormalisasi, dimana setiap nilai dari pola radiasi dibagi dengan nilai maksimumnya. sehingga pola radiasi yang ternormalisasi memiliki persamaan :

$$F_{(\theta, \Phi)} = \frac{P_{(\theta, \Phi)}}{E_{(\theta, \Phi) \max}} \quad (2.12)$$

Karena *pointing vector* hanya mempunyai komponen radiasi yang berbanding lurus dengan kuadrat *magnitude* kuat medannya, maka pola daya yang dinyatakan dalam pola ternormalisasi sama dengan kuadrat dari pola medan yang sudah ternormalisasi.

$$P_{(\theta, \Phi)} = |F_{(\theta, \Phi)}|^2 \quad (2.13)$$

Pada umumnya pola radiasi antenna digambarkan dalam satuan desibel. Nilai desibel dari intensitas medan didapatkan dengan persamaan

$$F_{(\theta,\Phi)} = 20 \log |F_{(\theta,\Phi)}| \quad (2.14)$$

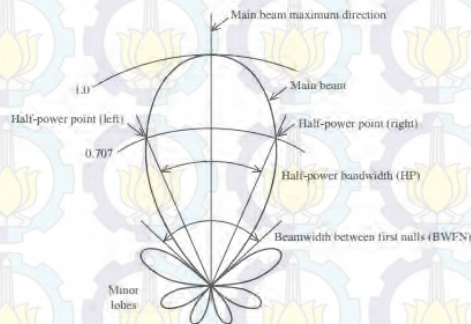
Keterangan :

$F_{(\theta,\Phi)}$  : pola medan ternormalisasi

$P_{(\theta,\Phi)}$  : pola daya ternormalisasi

$E_{(\theta,\Phi)\max}$  : nilai maksimum medan listrik

Pola radiasi terdiri dari tiga bagian yaitu *main lobe*, *side lobe*, dan *back lobe*. *Main lobe* adalah daerah radiasi yang memiliki intensitas tertinggi. *Side lobe* adalah daerah radiasi yang memiliki intensitas yang lebih rendah dari *main lobe*. *Back lobe* adalah daerah radiasi yang memiliki arah bertolak belakang dengan *main lobe*. *Main lobe* terdiri dari HPBW dan *Beamwidth Between First Null* (BWFN). HPBW adalah besar sudut dimana intensitas radiasi menjadi setengah (-3dB) dari intensitas tertinggi. BWFN adalah besar sudut dimana intensitas radiasi menjadi nol.



**Gambar 2.3** Pola radiasi antenna[2]

Untuk mendapatkan pola radiasi maka diperlukan pengukuran, pada pengukuran pola radiasi antenna faktor jarak menjadi penting. Semakin jauh jarak pengukuran maka hasil pengukuran yang didapatkan akan semakin baik, tapi kita tidak bisa melakukan pada jarak yang tidak terhingga. Karena itu untuk mendapatkan hasil pengukuran yang baik maka pengukuran dilakukan pada jarak yang sudah dianggap sebagai



medan jauh. Untuk menentukan jarak medan jauh bisa didapatkan menggunakan persamaan

$$r > \frac{2D^2}{\lambda} \text{ dengan } r \gg D \text{ dan } r \gg \lambda \quad (2.15)$$

Keterangan :

- $r$  : jarak pengukuran  
 $D$  : panjang dari antena  
 $\lambda$  : panjang gelombang yang dipancarkan antena

berdasarkan bentuk polanya, pola radiasi terbagi menjadi tiga macam yaitu :

1. *Isotropic*

Pola radiasi *isotropic* adalah pola radiasi yang memancarkan intensitas radiasi yang sama ke segala arah, sehingga memiliki bentuk seperti bola.

2. *Omnidirectional*

Pola radiasi *omnidirectional* adalah pola radiasi yang memancarkan intensitas radiasi ke segala arah

3. *Directional*

Pola radiasi *directional* adalah pola radiasi yang memancarkan intensitas radiasi pada arah tertentu saja.

### 2.2.1.7 *Gain*

*Gain* adalah perbandingan antara rapat daya per satuan unit antena terhadap rapat daya antena referensi pada arah dan daya yang sama. *Gain* didefinisikan sebagai  $4\pi$  kali rasio dari intensitas pada suatu arah dengan daya yang diterima antena, yang dinyatakan dengan :

$$G_{(\theta,\phi)} = 4\pi \frac{U_{(\theta,\phi)}}{P_m} \quad (2.16)$$

Keterangan :

- $U_{(\theta,\phi)}$  : daya yang diradiasikan per satuan sudut (steradian)  
 $P_m$  : daya terima dari antena

*Gain* juga dapat dicari dengan menggunakan perbandingan level daya terima dan menggunakan antena referensi sebagai pembanding. Di samping itu *gain* juga dapat dinyatakan dalam desibel (dB).

$$G_t = \frac{P_t}{P_s} G_s \text{ atau } G_t (\text{dB}) = P_t (\text{dB}) - L - P_s (\text{dB}) + G_s (\text{dB}) \quad (2.17)$$

Keterangan :

- r : jarak pengukuran
- D : panjang dari antena
- $\lambda$  : panjang gelombang yang dipancarkan antena

## 2.3 Antena Microstrip

*Microstrip* terdiri dari dua kata *micro*, yang berarti kecil, dan *strip* yang berarti keping. Antena *microstrip* didefinisikan sebagai antena berbentuk kepingan yang berukuran kecil. Antena *microstrip* memiliki kelebihan antara lain :

1. Mempunyai ukuran yang ringkas dan kecil
2. Kemudahan fabrikasi, dan biaya yang rendah dalam fabrikasi
3. Bisa dilakukan perancangan dua polarisasi dan *multiband* frekuensi
4. Mudah untuk diintegrasikan dengan rangkaian gelombang mikro.

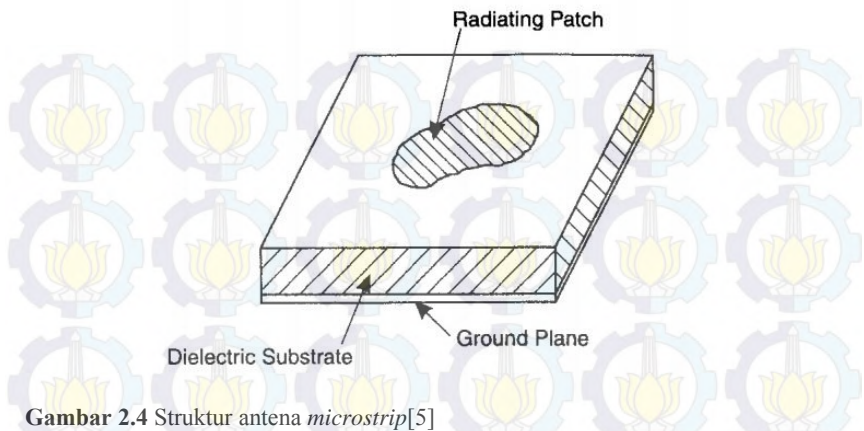
Namun antena *microstrip* juga memiliki beberapa kelemahan antara lain :

1. *Bandwidth* sempit
2. *Gain* rendah
3. Rugi-rugi hambatan yang besar pada pencatutan antena *array*
4. Daya yang dapat diradiasikan (*power handling*) rendah[5].

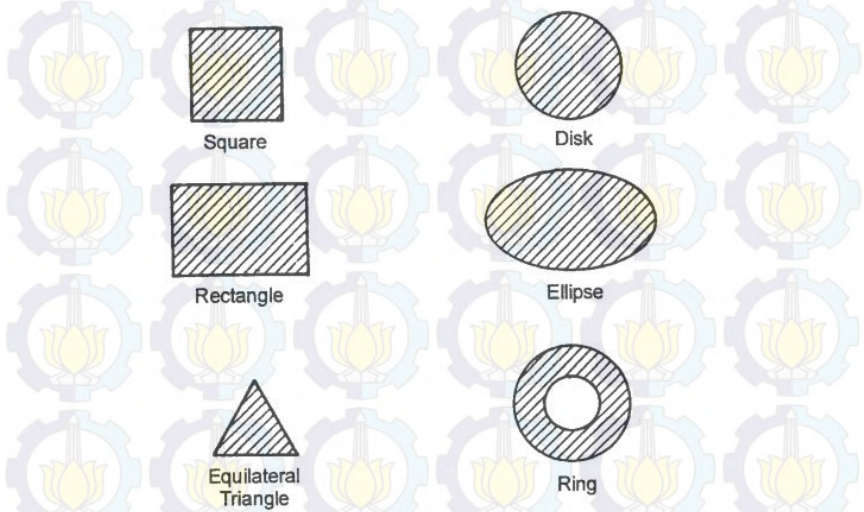
Antena *microstrip* terdiri dari 3 bagian yaitu *patch*, *ground plane*, dan *substrate*. *Patch* terletak diatas *substrate*, dan *ground plane* terletak dipaling bawah. Struktur antena *microstrip* dapat dilihat pada gambar 2.4.

*Patch* merupakan bagian teratas dari antena *microstrip* yang meradiasikan sinyal elektromagnetik. *Patch* terbuat dari konduktor, bahan konduktor yang sering digunakan antara lain tembaga dan emas. Berdasarkan bentuknya *patch* terbagi menjadi beberapa jenis antara lain:

1. Persegi (*square*)
2. Persegi panjang (*rectangle*)
3. Segitiga (*triangle*)
4. Piringan (*disk*)
5. Elips



**Gambar 2.4** Struktur antenna *microstrip*[5]



**Gambar 2.5** Macam-macam bentuk *patch* antenna *microstrip*[5]

*Ground plane* merupakan lapisan paling bawah memantulkan sinyal yang tidak diinginkan atau untuk menghasilkan karakteristik tertentu pada antenna. *Substrate* terletak diantara *patch* dan *ground plane* yang berfungsi menyalurkan sinyal elektromagnetik dari catu daya. *Substrate* dari bahan dielektrik, bahan yang sering digunakan adalah FR-



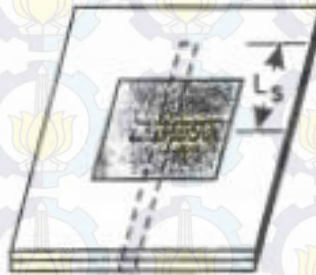
4 Epoxy. Karakteristik *substrate* mempengaruhi kinerja dari antenna. Oleh karena itu dibutuhkan ketepatan pemilihan *substrate* dalam perancangan antenna *microstrip*.

## 2.4 Pencatutan Antena

Pencatutan (*feeding*) adalah saluran yang digunakan untuk menyuplai catu daya dari sumber ke antenna. Ada beberapa metode atau jenis saluran yang bisa digunakan untuk pencatutan antenna *microstrip* antara lain pencatutan *electromagnetically coupled*, pencatutan *microstrip line*, pencatutan *coaxial probe*.

### 2.4.1 Pencatutan *Electromagnetically Coupled*

*Electromagnetically coupled* menggunakan teknik pencatutan daya dengan memanfaatkan gelombang elektromagnetik. Pada antenna *microstrip* terdapat dua lapisan *substrate*. Pada *substrate* lapisan pertama bagian atasnya terdapat *patch* dan pada *substrate* lapisan kedua terdapat pencatutan *microstrip line* yang menerima daya. Ketika *microstrip line* diberi catu daya maka akan memancarkan gelombang elektromagnetik yang akan ditangkap oleh *patch* sehingga pada *patch* akan tercatu dayanya.

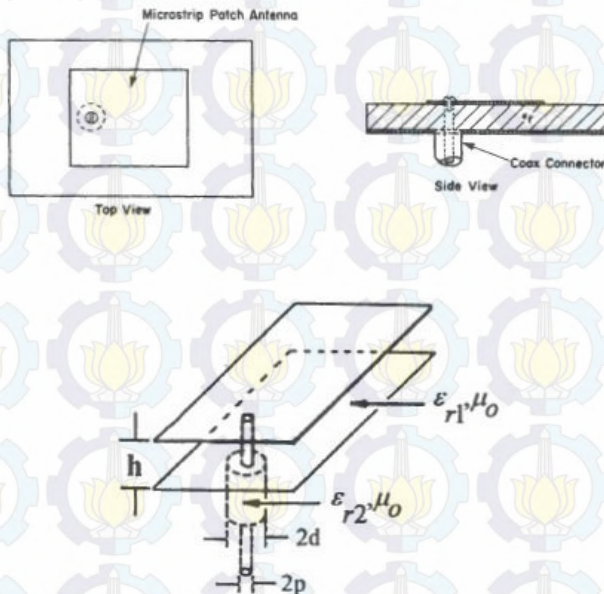


**Gambar 2.6** Antena *microstrip* dengan pencatutan *electromagnetically coupled*[5]

Dengan mengatur jenis *substrate* yang digunakan pada kedua lapisan maka bisa didapatkan *bandwidth* antenna yang lebih besar.

### 2.4.2 Pencatuan *Coaxial Probe*

Pada Pencatuan ini antenna *microstrip* disuplai dari bawah dengan cara melubangi *ground plane* dan *substrate*, pada lubang yang ada dimasukkan dipasang konektor coaxial yang terhubung dengan *patch*. Sehingga pencatuan daya terjadi dari kabel coaxial langsung ke *patch*.

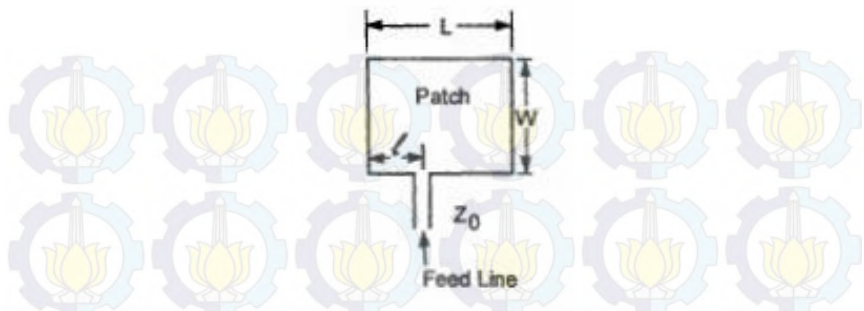


**Gambar 2.7** Antena *microstrip* dengan pencatuan *coaxial probe*[5]

Pencatuan *coaxial probe* mempunyai keunggulan kemudahannya untuk *matching impedansi*, karena dengan mengatur titik yang dijadikan lubang maka impedansi *input* dari antenna dapat diubah.

### 2.4.3 Pencatuan *Microstrip line*

Pencatuan *microstrip line* adalah pencatuan yang paling mudah untuk diaplikasikan. Pencatuan *microstrip line* adalah dengan menambahkan jalur transmisi pada *patch* sehingga pencatu daya bisa terhubung dengan antenna. Bahan yang digunakan untuk membuat *microstrip line* adalah konduktor, biasanya sama dengan bahan yang digunakan untuk *patch*.



**Gambar 2.8** Antena *microstrip* dengan pencatutan *microstrip line*[5]

## 2.5 Antena Array

Antena *array* adalah antena yang terdiri dari sejumlah elemen peradiasi yang digabungkan[6]. Perancangan antena *array* digunakan untuk mendapatkan *gain* yang lebih tinggi dan pola radiasi atau HPBW yang lebih sempit. Pola medan dari antena *array* sama dengan perkalian silang dari pola medan elemen dengan *array factor* nya[7]. Nilai *Array factor* didapatkan dengan persamaan[7]:

$$AF = 1 + e^{j(kd \cos \theta + \beta)} + e^{j2(kd \cos \theta + \beta)} + \dots + e^{j(N-1)(kd \cos \theta + \beta)} \quad (2.18)$$

$$AF = \sum_{n=1}^N e^{j(n-1)(kd \cos \theta + \beta)} \quad (2.19)$$

atau juga dapat ditulis

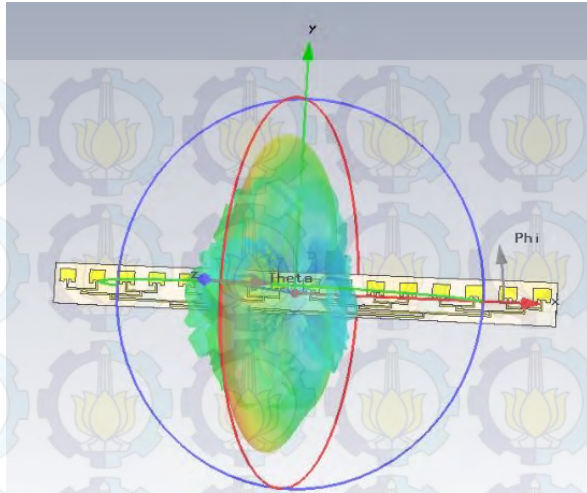
$$AF = \sum_{n=1}^N e^{j(n-1)\psi} \quad (2.20)$$

$$\psi = (kd \cos \theta + \beta) \quad (2.21)$$

Keterangan:

- k :  $2\pi/\lambda$
- d : jarak antar elemen (satuan  $\lambda$ )
- $\Theta$  : sudut kedatangan/ pancaran
- B : perbedaan sudut phase





**Gambar 2.9** Antena *microstrip array linear* dan pola radiasinya

Ada beberapa susunan antena *array* antara lain *linear*, *planar*, dan *circular*. *Array linear* adalah antena *array* yang tersusun pada satu garis lurus. *Array planar* adalah antena *array* yang tersusun membentuk sebuah area yang berbentuk segiempat. *Array circular* antena *array* yang tersusun membentuk lingkaran. Contoh *array linear* dengan pola radiasinya dapat dilihat pada gambar 2.9. Masing-masing bentuk memiliki kelebihan dan kekurangan seperti *array linear* yang memiliki kelebihan sederhana dan mudah untuk dirancang, sedangkan *array planar* memiliki kelebihan bisa mengatur arah dan pola radiasi dari antena.

## 2.6 Penyesuaian Impedansi Transformator Seperempat Panjang Gelombang

Penyesuaian impedansi adalah proses penyesuaian impedansi karakteristik pada saluran transmisi ( $Z_0$ ). Jika impedansi beban ( $Z_L$ ) dan impedansi karakteristik pada saluran transmisi catu daya mempunyai perbedaan impedansi maka diperlukan penyesuaian impedansi pada saluran transmisi. Penyesuaian impedansi penting karena apabila impedansi tidak sesuai akan muncul gelombang pantul pada saluran transmisi. Salah satu metode penyesuaian impedansi adalah dengan

*transformator* seperempat panjang gelombang. *transformator* seperempat panjang gelombang adalah teknik penyesuaian impedansi dengan menambahkan saluran transmisi dengan panjang tertentu ( $l_t$ ) dengan besar impedansi tertentu ( $Z_t$ ) diantara dua saluran transmisi. Penyesuaian *transformator* seperempat panjang gelombang dapat dilihat pada gambar 2.10. Besar nya panjang gelombang dan impedansi *transformator* seperempat gelombang didapatkan dari persamaan[3] :

$$l_t = \frac{\lambda_d}{4} \quad (2.22)$$

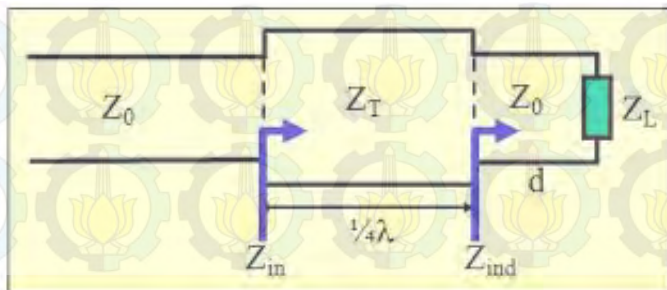
$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (2.23)$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[ 1 + 12 \frac{h}{w} \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (2.24)$$

$$Z_t = \sqrt{Z_l Z_0} \quad (2.25)$$

Keterangan :

- $l_t$  : panjang *transformator* seperempat panjang gelombang
- $\lambda_d$  : panjang gelombang pada saluran transmisi
- $\epsilon_{eff}$  : konstanta dielektrik efektif
- $\epsilon_r$  : konstanta dielektrik relatif *substrate*
- $Z_t$  : impedansi *transformator* seperempat panjang gelombang
- $Z_l$  : impedansi beban
- $Z_0$  : impedansi karakteristik



**Gambar 2.10** Struktur *transformator* seperempat panjang gelombang[8]

## BAB 3

### PERANCANGAN ANTENA

#### 3.1 **Garis Besar Pelaksanaan Tugas Akhir**

Bab 3 ini membahas mengenai proses perancangan antenna yang terdiri dari perancangan elemen antenna *microstrip array* (antenna *microstrip*) dan perancangan antenna *microstrip array*. Alur dari proses perancangan antenna *microstrip array* mengikuti *flowchart* pengerjaan tugas akhir seperti pada gambar 3.1.

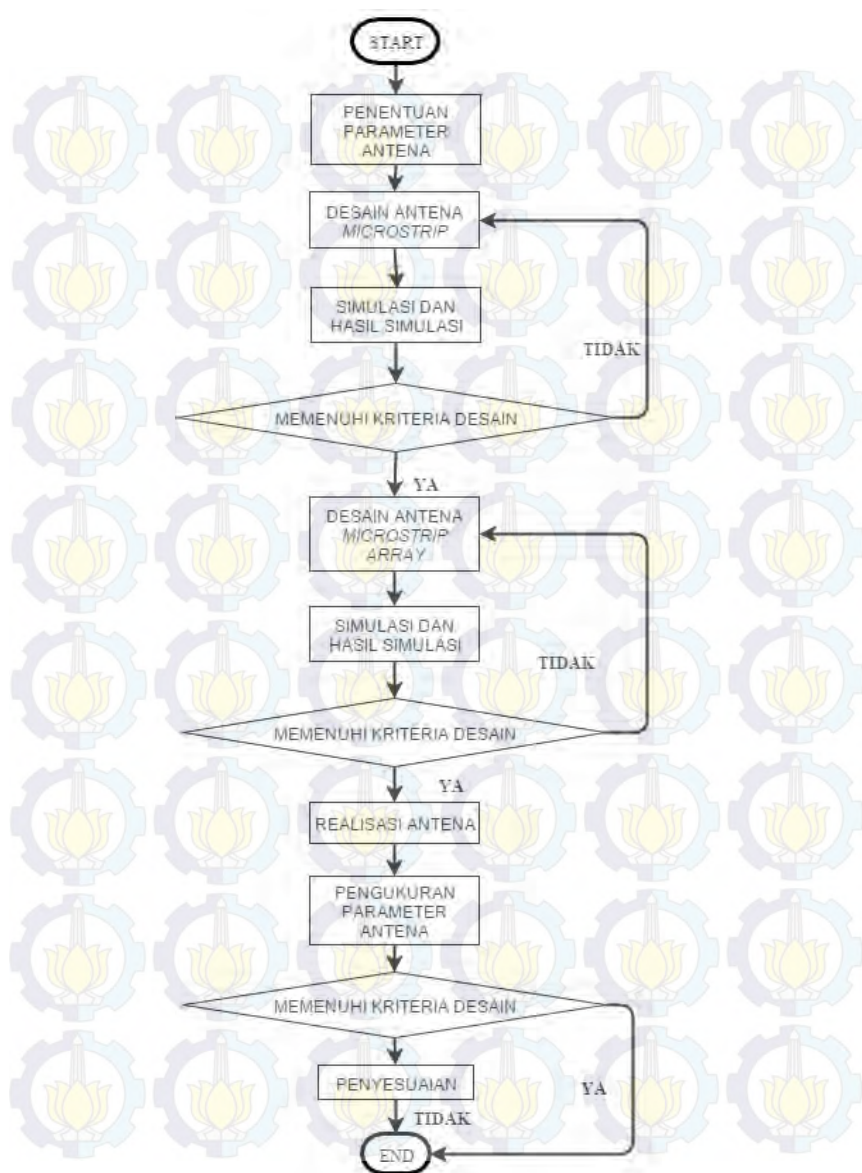
Proses pengerjaan dimulai dengan menentukan kinerja antenna yang diinginkan dengan menentukan parameter dan nilai parameter antenna yang diinginkan. Setelah penentuan parameter dilanjutkan dengan perancangan antenna *microstrip*, dan dilanjutkan dengan perancangan antenna *microstrip array*.

Pada tahap perancangan antenna terbagi menjadi dua bagian yaitu perancangan antenna *microstrip* untuk elemen antenna *microstrip array* dan perancangan antenna *microstrip array*. Pada tahap perancangan elemen antenna *microstrip* ditentukan desain dari antenna *microstrip* dan dilakukan simulasi untuk melihat kinerja antenna *microstrip*, jika kinerja antenna *microstrip* tidak sesuai maka dilakukan optimasi agar kinerja antenna *microstrip* sesuai. Setelah melakukan perancangan antenna *microstrip* maka tahap selanjutnya adalah perancangan antenna *microstrip array*, pada tahap ini antenna *microstrip* dirancang menjadi antenna *microstrip array*. Pada perancangan antenna *microstrip array* juga diperlukan perancangan *feed line* yang bisa digunakan untuk catu daya antenna *microstrip array*. Setelah perancangan selesai maka rancangan disimulasikan untuk melihat kinerja antenna *microstrip array* sesuai dengan yang diinginkan atau tidak, jika hasil simulasi tidak sesuai, maka dilakukan optimasi untuk mendapatkan hasil yang sesuai.

Tahapan selanjutnya adalah pabrikasi yang dilakukan di tempat khusus pembuatan antenna *microstrip*. Setelah proses pabrikasi dilanjutkan dengan pengukuran kinerja antenna *microstrip array* untuk melihat kinerja antenna *microstrip array* sesungguhnya. Data hasil pengukuran dibandingkan dengan hasil simulasi dan dianalisis.

Tahapan terakhir adalah pembuatan laporan penelitian tugas akhir berdasarkan data-data penelitian yang telah diperoleh. Diharapkan laporan yang telah dibuat dapat membantu dalam penelitian perancangan antenna lainnya





**Gambar 3.1** Flowchart pengerjaan tugas akhir

### 3.2 Perancangan Antena *Microstrip Rectangular Patch*

Perancangan antena *microstrip array* dimulai dengan menentukan parameter dan nilai parameter dari antena. Parameter yang dibutuhkan antar lain *return loss*, *VSWR*, *gain*, pola radiasi dan HPBW. Nilai dari parameter yang telah ditentukan dapat dilihat pada tabel 3.1

**Tabel 3.1** Kriteria antena *microstrip array* yang diinginkan

Spesifikasi Antena	Keterangan
Bentuk antena	<i>Rectangular</i>
Frekuensi tengah	3 GHz
<i>Return loss</i>	< -10dB
VSWR	< 2
Metode pencatutan	<i>Microstrip Line</i>
<i>Gain</i>	$\geq 10$ dBi
Pola radiasi	<i>Directional</i>
HPBW	5 Derajat
Impedansi <i>input</i>	$\pm 50\Omega$

Langkah selanjutnya adalah menentukan bahan yang akan digunakan untuk pembuatan antena *microstrip array*. Bahan yang akan digunakan *microstrip array* adalah *FR4 Epoxy*, dipilih *FR4 Epoxy* dipilih karena *FR4 Epoxy* mudah didapatkan dan harganya yang relatif lebih murah, selain itu spesifikasi *substrate FR4 Epoxy* sudah terdapat pada simulasi. Spesifikasi *FR4 Epoxy* dapat dilihat pada tabel 3.2.

**Tabel 3.2** Spesifikasi *FR4 Epoxy*

Karakteristik	Nilai	Satuan
Koefisien dielektrik	4.3	-
Koefisien permeabilitas	1	-
Rugi-rugi tangent dielektrik	0.025	-
Frekuensi	$1.10^9$ - $9.10^9$	Hz
Kerapatan massa	1900	Kg/m <sup>3</sup>
Ketebalan konduktor (tembaga)	0.035	mm
Ketebalan <i>substrate</i> (FR4 Epoxy)	1.6	mm

Berdasarkan spesifikasi *FR4 Epoxy* diketahui koefisien dielektrik dari *FR4 Epoxy* sebesar 4.3 dengan ketebalan 1.6 mm, dan ketebalan konduktor 0.35mm.

Langkah selanjutnya adalah menentukan dimensi dari antenna dengan perhitungan matematis. Hasil perhitungan matematis lalu disimulasikan untuk melihat apakah kinerja antenna sudah sesuai atau diperlukan optimasi untuk mendapatkan kinerja yang sesuai.

### 3.2.1 Perhitungan Dimensi *Rectangular Patch* dan *Ground Plane*

Dalam perancangan *rectangular patch* antenna dimensi yang perlu diketahui adalah panjang (*width*,  $W$ ) dan panjang (*length*,  $L$ ). Menurut proseding yang berjudul “Design of Single Band Rectangular Patch Antenna for WLAN Application” lebar dan panjang dari *rectangular patch* didapatkan dengan persamaan[9] :

$$W = \frac{1}{2f_r\sqrt{\mu_0\epsilon_0}}\sqrt{\frac{2}{\epsilon_r+1}} = \frac{c}{2f_r}\sqrt{\frac{2}{\epsilon_r+1}} \quad (3.1)$$

$$L = L_{eff} - 2\Delta L \quad (3.2)$$

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0\sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (3.3)$$

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_{eff}+0.3)\left(\frac{W}{h}+0.264\right)}{(\epsilon_{eff}-0.258)\left(\frac{W}{h}+0.8\right)} \quad (3.4)$$

Keterangan :

- $f_r$  : frekuensi resonansi atau frekuensi kerja ( $3.10^9$ Hz)
- $c$  : kecepatan cahaya ( $3.10^9$  m/s)
- $h$  : ketebalan *substrate*

Dengan menggunakan persamaan 3.1. sampai dengan 3.5. maka didapatkan dimensi dari *patch* dengan lebar 30,68 mm dan panjang 23,67 mm. Setelah mendapatkan dimensi dari *patch* maka selanjutnya adalah mencari dimensi dari *substrate* dan *ground plane*. Dimensi *substrate* dan *ground plane* didapatkan dari persamaan[3]:

$$L_g = xh + L \quad (3.5)$$

$$W_g = xh + W \quad (3.6)$$



Keterangan :

$L_g$  : panjang *ground plane* dan *substrate*

$W_g$  : lebar *ground plane* dan *substrate*

$X$  : faktor pengali dengan nilai  $\geq 6$

Dimensi *substrate* dan *ground plane* harus lebih besar dari *patch* ditambah 6 kali ketebalan *substrate*, karena akan muncul rugi-rugi pada *patch* bila dimensi *substrate* dan *ground plane* kurang dari dimensi *patch* ditambah 6 kali ketebalan *substrate*. Dari persamaan 3.6 dan 3.7 dengan  $x$  yang digunakan adalah 6, didapatkan panjang dari *ground plane* dan *substrate* sebesar 40,28 mm dan lebar sebesar 33,27 mm.

### 3.2.2 Perhitungan Dimensi Saluran Transmisi

Saluran transmisi merupakan salah satu bagian dari antenna yang berfungsi menyalurkan daya dari catu daya ke antenna. Saluran transmisi yang digunakan pada perancangan antenna *microstrip line*. Pencatutan *microstrip line* dilakukan dengan menyalurkan daya melalui saluran berupa *microstrip* yang terhubung ke konektor SMA dengan impedansi sebesar  $50\Omega$ . Dimensi saluran transmisi agar memiliki impedansi sebesar  $50\Omega$  dipengaruhi oleh lebar dari saluran, sementara panjang tidak mempengaruhi besarnya impedansi. Besarnya lebar saluran didapatkan dari persamaan yang terdapat pada buku “RF Circuit Design Theory and Application” karangan Pavel Bretchko[3]:

$$W_l = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[ \ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (3.7)$$

$$B = \frac{Z_f \pi}{2Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (3.8)$$

$$Z_f = \sqrt{\mu_0 / \epsilon_0} = \sqrt{\frac{4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/Am}}{8,85418 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{N m}^2}} = 378.6 \Omega \quad (3.9)$$

Keterangan :

$W_l$  : Lebar saluran Transmisi

$Z_f$  : impedansi gelombang di ruang hampa

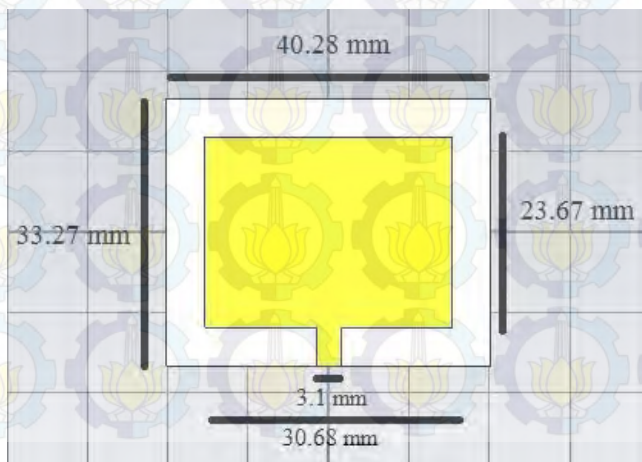
Dari persamaan 3.9 didapatkan nilai B sebesar 5,7 dan lebar saluran transmisi sebesar 3,1 mm.

### 3.2.3 Simulasi dan Optimasi Antena

Desain hasil antena *microstrip* dari perhitungan matematis selanjutnya disimulasikan untuk melihat kinerja antena tersebut. Hasil perhitungan matematis yang didapatkan dari persamaan 3.1 sampai dengan 3.10 terdapat pada tabel 3.3 dan struktur antena dari perhitungan matematis dapat dilihat pada gambar 3.3. Pada tahap perancangan antena *microstrip* parameter utama yang ingin didapatkan adalah *return loss*, VSWR, dan impedansi *input*. Parameter *gain* dan HPBW dapat ditingkatkan pada perancangan antena *microstrip array*.

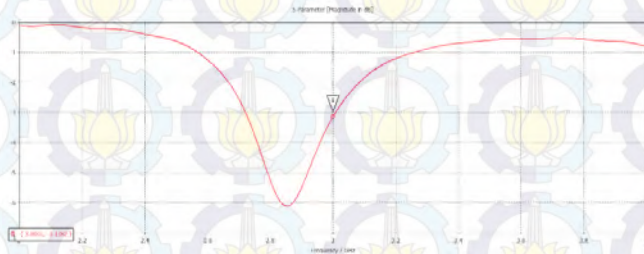
**Tabel 3.3** Desain antena *microstrip* hasil perhitungan

Parameter	simbol	Nilai (mm)
Lebar <i>patch</i>	W	30.68
Panjang <i>patch</i>	L	23.67
Lebar <i>ground plane</i>	Wg	40.28
Panjang <i>ground plane</i>	Lg	33.27
Lebar saluran transmisi	W1	3.1
Tebal <i>substrate</i>	H	1.5
Tebal konduktor	T	0.035

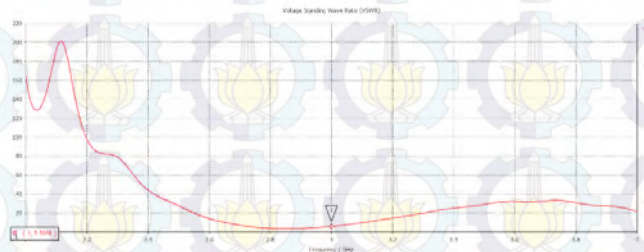


**Gambar 3.2** Struktur desain antena *microstrip*

Dari hasil simulasi didapatkan nilai parameter pada frekuensi 3 Ghz adalah *return loss* -3.182 dB, VSWR 5.5906, impedansi *input* 49.531  $\Omega$ . Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa kinerja antenna hasil perhitungan matematis belum sesuai dengan kinerja antenna yang diinginkan, hanya impedansi *input* yang sesuai dengan hasil yang diinginkan. Oleh karena itu diperlukan optimasi untuk mendapatkan kinerja antenna yang sesuai. Hasil simulasi antenna hasil perhitungan matematis dapat dilihat pada gambar 3.4 sampai gambar 3.6.



**Gambar 3.3** Nilai *return loss* hasil simulasi antenna *microstrip*



**Gambar 3.4** Nilai VSWR hasil simulasi antenna *microstrip*

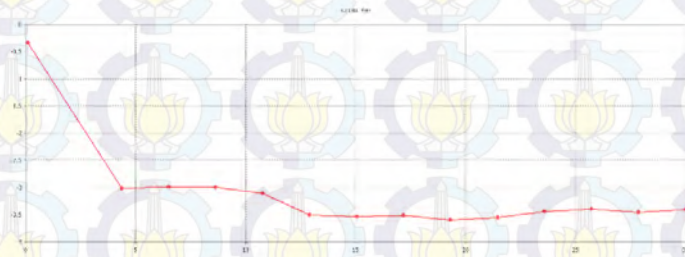
h-field (f=3) (1) (peak)	
Component:	Abs
Frequency:	3
Phase:	0
Line Imp. [Ohms]:	49.53121948242
Wave Imp. [Ohms]:	209.0151977539
Beta [1/m]:	116.6371994019
Accuracy:	2.936230902514e-014
Mode type:	QTEM
Maximum:	26.05
Plane at y:	=16.63500022888

**Gambar 3.5** Nilai impedansi *input* hasil simulasi antenna *microstrip*

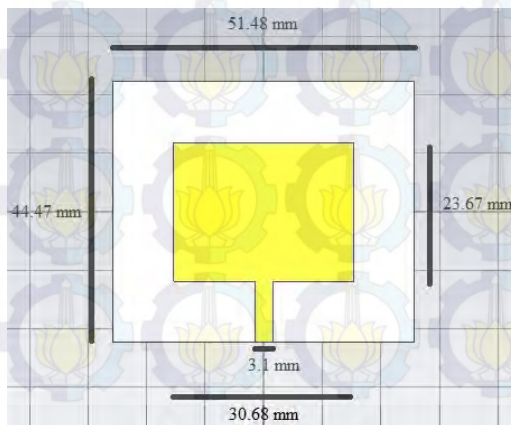


Optimasi pertama adalah mengubah nilai  $x$ , faktor pengali pada persamaan 3.6 dan persamaan 3.7, simulasi dilakukan untuk menentukan nilai  $x$  yang optimal. Hasil simulasi pertambahan dimensi *ground plane* dapat dilihat pada gambar 3.7, gambar 3.7 memperlihatkan nilai VSWR dibandingkan pertambahan dimensi *ground plane* dari *patch*. Pada gambar 3.7 terlihat pertambahan dimensi yang optimal pada nilai 20 mm atau dengan ketebalan *substrate* 1.6 mm maka nilai  $x$  adalah sekitar 13. Dengan mengubah nilai  $x$  menjadi 13 didapatkan dimensi *ground plane* yaitu lebar 51.48 mm, dan panjang 44.47 mm.

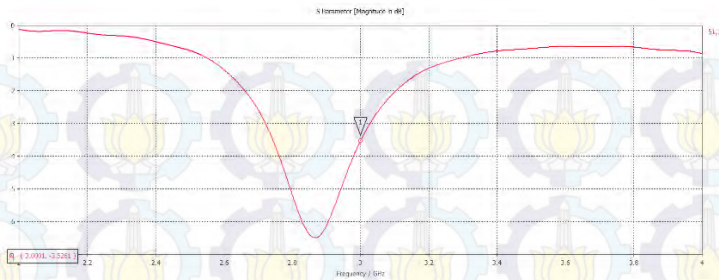
Dari optimasi pertama didapatkan nilai parameter *return loss* - 3.526 dB, VSWR 4.9889, impedansi *input* 49.531  $\Omega$ . Desain rancangan hasil simulasi dapat dilihat pada gambar 3.8 dan hasil simulasi dapat dilihat pada gambar 3.9 sampai dengan gambar 3.11.



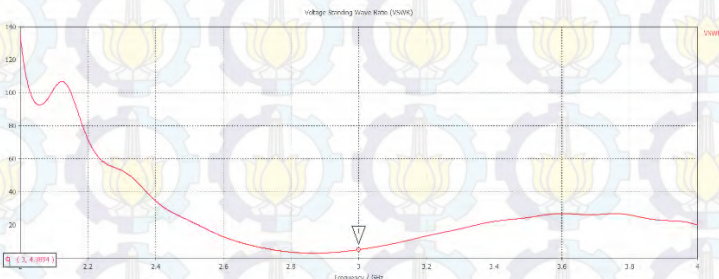
**Gambar 3.6** Simulasi optimasi pertambahan dimensi *ground plane*



**Gambar 3.7** Struktur desain antenna *microstrip* optimasi pertama



**Gambar 3.8** Nilai *return loss* hasil simulasi antenna *microstrip* optimasi pertama



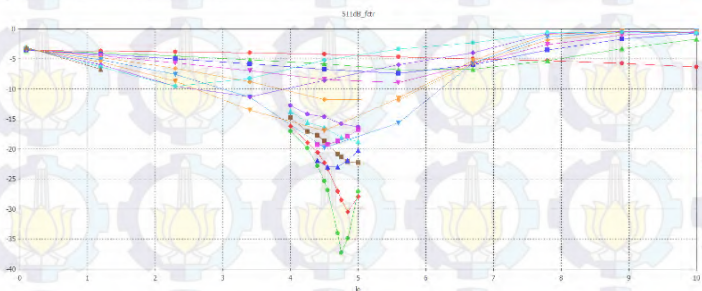
**Gambar 3.9** Nilai VSWR hasil simulasi antenna *microstrip* optimasi pertama

h-field (J=3) [1/r=ak]	
Component:	Abs
Frequency:	3
Phase:	0
Line Imp. [Ohms]:	49.53121948242
Wave Imp. [Ohms]:	209.0151977539
Beta [1/m]:	116.6371994019
Accuracy:	1.757160023497e-014
Mode type:	QTEM
Maximum:	26.05
Plane at y	-22.23500061035

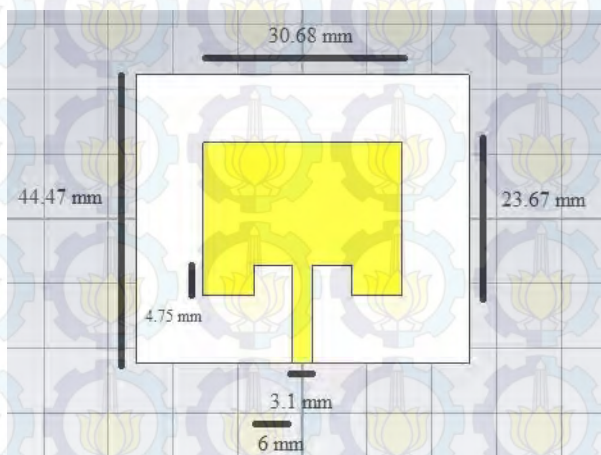
**Gambar 3.10** Nilai impedansi *input* hasil simulasi antenna *microstrip* optimasi pertama

Optimasi pertama hasil simulasi yang didapatkan belum sesuai, maka dilakukan optimasi kedua yaitu dengan penambahan *slot* pada *patch*. *Slot* yang ditambahkan adalah dua *slot* simetris yang terletak tepat

disamping *feed*. Pada optimasi kedua perlu diketahui terlebih dahulu dimensi dari slot yang optimal. Dari hasil simulasi didapatkan dimensi slot adalah panjang (*le*) 4.75 mm, dan lebar (*we*) 6 mm. Hasil simulasi dapat dilihat pada gambar 3.12, dan struktur antenna microstrip optimasi kedua dapat dilihat pada gambar 3.13.



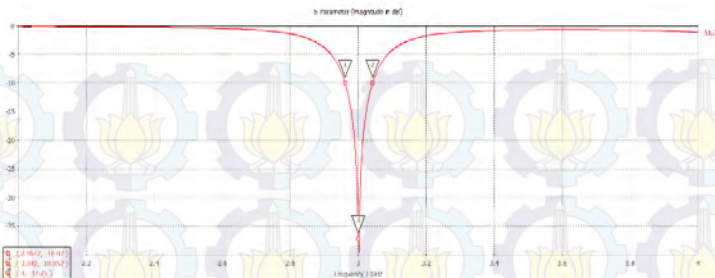
**Gambar 3.11** Hasil simulasi optimasi penambahan dimensi *ground plane*



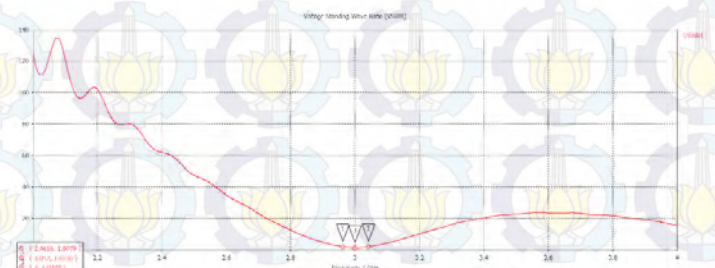
**Gambar 3.12** Struktur desain antena *microstrip* optimasi kedua

Dari gambar 3.12 didapatkan dimensi slot yang optimal adalah panjang 4.75 mm dan lebar 6 mm. Nilai parameter yang didapatkan dari optimasi kedua ini sebesar *return loss* -37.25 dB, *bandwidth* 80 MHz atau 2.7 %, VSWR 1.027, dan impedansi *input* 49.538  $\Omega$ . Hasil simulasi optimasi kedua dapat dilihat pada gambar 3.14 sampai gambar 3.16.





**Gambar 3.13** Nilai *return loss* hasil simulasi antenna *microstrip* optimasi kedua



**Gambar 3.14** Nilai *VSWR* hasil simulasi antenna *microstrip* optimasi kedua

Port 1, I_1 (peak)	
Component:	Abs
Frequency:	3
Phase:	0
Line Imp. [Ohms]:	49.53816130493
Wave Imp. [Ohms]:	228.1791992188
Beta [1/m]:	116.6112976074
Accuracy:	2.439474031037e-014
Mode type:	QTEM
Maximum:	26.81
Plane at y:	-22.23500061035

**Gambar 3.15** Nilai impedansi *input* hasil simulasi antenna *microstrip* optimasi kedua

Dapat dilihat kinerja dari antenna *microstrip* pada optimasi kedua ini sudah sesuai dengan yang diinginkan. Karena kinerja dari antenna *microstrip* sudah sesuai dengan kinerja yang diinginkan maka proses perancangan dilanjutkan dengan merancang antenna *microstrip* menjadi antenna *microstrip array*.

### 3.3 Perancangan Antena *Microstrip Array*

Pada tahapan ini rancangan antena *microstrip* akan dirancang menjadi sebuah antena *microstrip array* pada proses perancangan antena *microstrip array* ada langkah-langkah yang harus. Langkah pertama adalah menentukan dimensi, jarak antar elemen dan jumlah dari elemen antena *microstrip array*. Perancangan dimensi, jarak antar elemen, dan jumlah elemen penting untuk dilakukan karena HPBW dari suatu antena *microstrip array* tergantung pada dimensi dari antena. Setelah dimensi dari antena *microstrip array* diketahui langkah selanjutnya adalah perancangan *feed line* yang bisa mencatu daya untuk setiap elemen, perancangan *feed line* penting untuk antena *microstrip array* karena jika *feed line* tidak sesuai maka bisa terjadi pergeseran fase di tiap elemen dan akan menyebabkan perubahan pola radiasi antena *microstrip array*. Setelah antena *microstrip array* sudah dirancang maka akan disimulasikan untuk melihat kinerja dari antena yang dirancang.

#### 3.3.1 Perhitungan Dimensi, Jumlah Elemen, Jarak antar Elemen

Pada perancangan antena *microstrip array* pengaturan elemen antena menjadi sangat penting, salah satunya adalah pengaturan jarak antar elemen. Berdasarkan buku “Antena Theory and Design” karangan Warren L. Stutzman dan buku “Antena Theory Analysis and Design” karangan Constantine A. Balanis bahwa jarak antar elemen dari antena *microstrip array* harus lebih kecil dari panjang gelombang dan jarak antar elemen lebih besar sama dengan dari setengah panjang gelombang. Pada perancangan pertama sebelum adanya optimasi jarak antar elemen yang digunakan sebesar setengah panjang gelombang. setelah menentukan jarak antar elemen selanjutnya dalam mendapatkan perkiraan dimensi dan jumlah elemen yang digunakan. Dimensi dan jumlah elemen antena *microstrip array* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan yang ada pada buku “Antenna Theory Analysis and Design” karangan Constantine E. Balanis :

$$\theta_h \cong 2 \left[ \frac{\pi}{2} - \cos^{-1} \left( \frac{1.391\lambda}{Nd} \right) \right] \quad (3.10)$$

Dari persamaan 3.11 maka didapatkan persamaan

$$Nd = \frac{2.782 \lambda}{\pi \theta_h} \quad (3.11)$$

Keterangan :

$\Theta_h$  : HPBW dalam satuan radian

$\lambda$  : Panjang gelombang

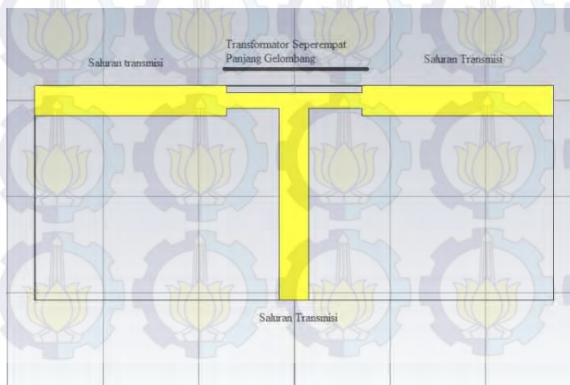
N : jumlah elemen antenna

d : jarak antar elemen dalam kelipatan panjang gelombang

Dari persamaan 3.12 didapatkan perkiraan jumlah elemen yang dibutuhkan untuk mendapatkan HPBW sebesar  $5^\circ$  dengan jarak antar elemen setengah panjang gelombang adalah sekitar 20 elemen.

### 3.3.2 Perancangan Saluran Transmisi

Dalam perancangan saluran transmisi untuk elemen antenna *microstrip array* ini digunakan metode penyesuaian impedansi *transformator* seperempat panjang gelombang pada *feed line* untuk menyesuaikan impedansi yang ada pada masing-masing elemen. Struktur dari *feed line* dengan *transformator* seperempat panjang gelombang dapat dilihat pada gambar 3.16. *Feed line* tersebut digunakan untuk mencatu daya dua elemen antenna. Dengan impedansi berupa dua beban dengan besar impedansi masing-masing  $50\Omega$ , besar total impedansi beban ( $Z_L$ ) adalah  $100\Omega$  dan impedansi karakteristik saluran pencatu daya ( $Z_0$ ) sebesar  $50\Omega$ , sehingga dengan persamaan 2.24 didapatkan impedansi untuk *transformator* seperempat panjang gelombang adalah  $70.7\Omega$ . Dimensi lebar dari *transformator* seperempat gelombang didapatkan dari persamaan 3.8 yaitu 1,6 mm, dan panjang dari *transformator* seperempat gelombang didapatkan dari persamaan 2.22 yaitu 14,16 mm.

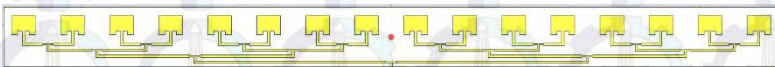


**Gambar 3.16** Struktur *transformator* seperempat panjang gelombang

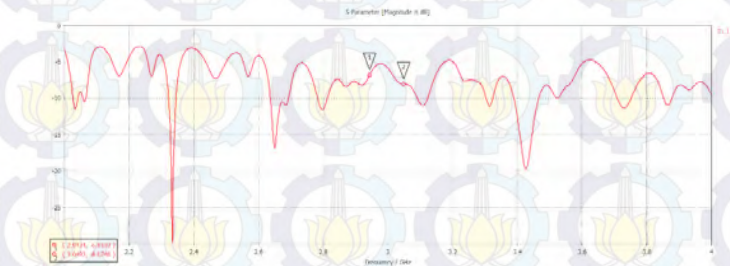


### 3.3.3 Simulasi Antena *Microstrip Array*

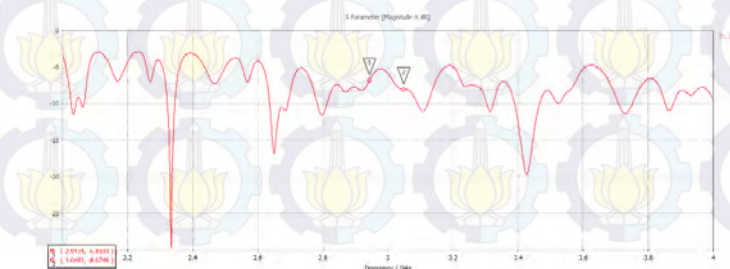
Simulasi antena *microstrip array* dilakukan setelah perhitungan mengenai dimensi antena *microstrip array* dan perancangan saluran transmisi sudah didapatkan. Karena adanya keterbatasan pada perancangan saluran transmisi diperlukan penyesuaian agar parameter HPBW yang diinginkan bisa tercapai. Penyesuaian dilakukan dengan mengubah jumlah elemen dan jarak antar elemen. Jumlah elemen antena yang bisa dirancang dengan saluran transmisi transformator seperempat panjang gelombang dengan nilai mendekati 20 elemen adalah 16. Dari persamaan 3.12 didapatkan bila jumlah elemen 16 maka jarak antar elemen menjadi 63,4 mm. Struktur antena 16 elemen dapat dilihat pada gambar 3.17. Hasil simulasi untuk antena *microstrip array* dengan 16 elemen dan jarak antar elemen 63.4 dapat dilihat pada gambar 3.18 sampai dengan gambar 3.21



Gambar 3.17 Struktur desain antena *microstrip array* 16 elemen



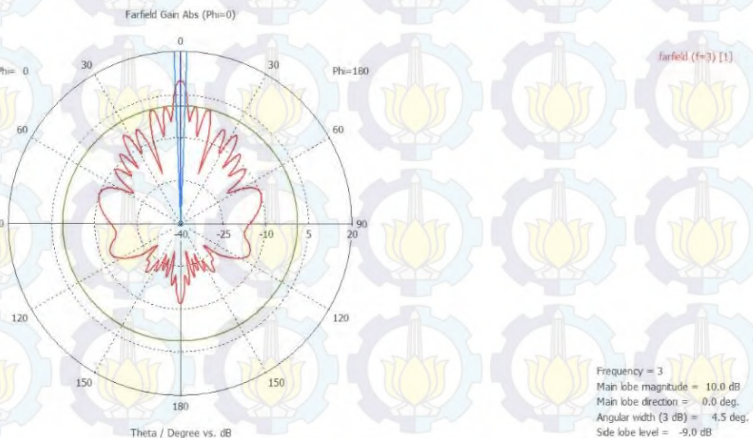
Gambar 3.18 Nilai *return loss* hasil simulasi antena *microstrip array* 16 elemen



Gambar 3.19 Nilai VSWR hasil simulasi antena *microstrip array* 16 elemen

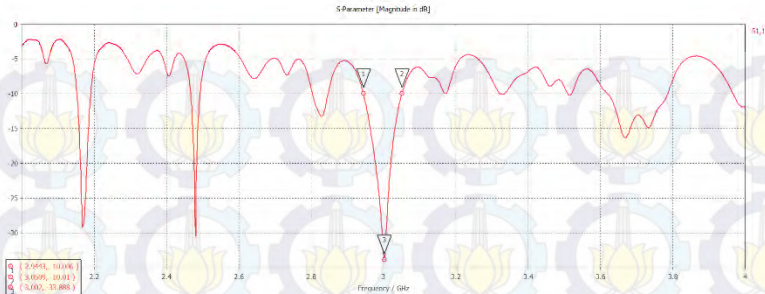
Port1_e1 (peak)	
Component:	Abs
Frequency:	3
Phase:	0
Line Imp. [Ohms]:	49.47858047485
Wave Imp. [Ohms]:	208.991394043
Beta [1/m]:	116.6160964966
Accuracy:	3.641451899673e-014
Mode type:	QTEM
Maximum:	6235
Plane at y	-51.63499832153

**Gambar 3.20** Nilai impedansi *input* hasil simulasi antenna *microstrip array* 16 elemen

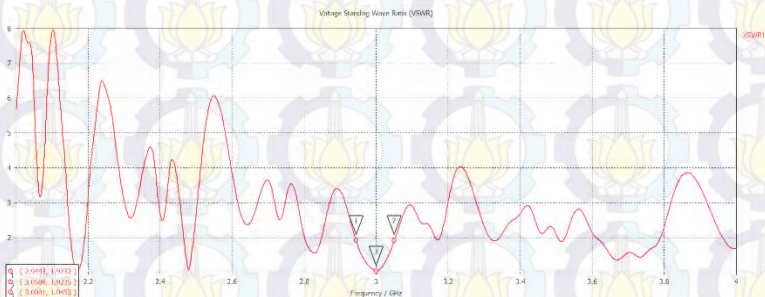


**Gambar 3.21** Pola radiasi bidang horizontal hasil simulasi antenna *microstrip array* 16 elemen

Dari hasil simulasi terlihat bahwa terdapat beberapa parameter yang berubah nilainya, sehingga diperlukan penyesuaian agar parameter antenna *microstrip array* sesuai dengan yang diinginkan. Penyesuaian yang dilakukan adalah mengubah jarak antar elemen. Dengan melakukan simulasi didapatkan jarak antar elemen yang sesuai adalah 59,1 mm. Hasil simulasi setelah penyesuaian dapat dilihat pada gambar 3.22 sampai dengan gambar 3.25



**Gambar 3.22** Nilai *return loss* hasil simulasi antenna *microstrip array* 16 elemen setelah penyesuaian

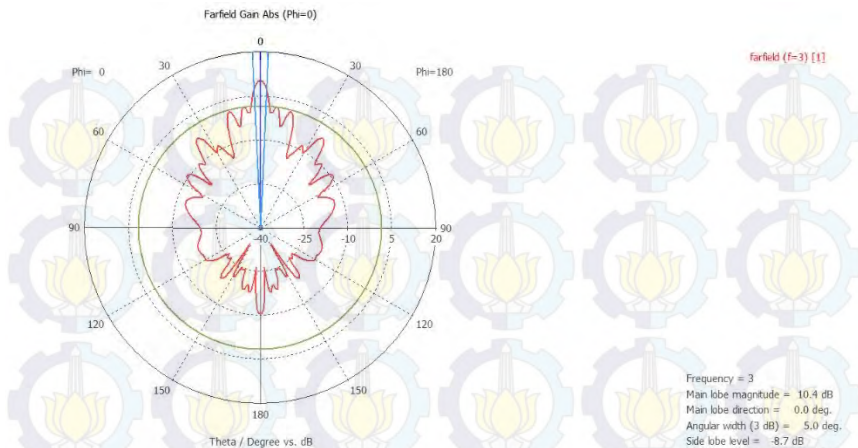


**Gambar 3.23** Nilai VSWR hasil simulasi antenna *microstrip array* 16 elemen setelah penyesuaian

Part1_e1 (peak)	
Component:	Abs
Frequency:	3
Phase:	0
Line Imp. [Ohms]:	49.47858047485
Wave Imp. [Ohms]:	208.991394043
Beta [1/m]:	116.6160964966
Accuracy:	2.420647029718e-014
Mode type:	QTEM
Maximum:	6235
Plane at y	-51.63499832153

**Gambar 3.24** Nilai impedansi *input* hasil simulasi antenna *microstrip array* 16 elemen setelah penyesuaian





**Gambar 3.25** Pola radiasi hasil simulasi antenna *microstrip array* 16 elemen setelah penyesuaian

Dari hasil simulasi setelah penyesuaian terlihat bahwa semua parameter telah terpenuhi dengan kriteria antenna yang diinginkan. Nilai parameter hasil simulasi setelah penyesuaian antara lain *return loss* -33,888 dB, *VSWR* 1,045, *bandwidth* 106,6 MHz atau 3,5%, *HPBW* 5°, dan *gain* 10,4 dB. Dengan terpenuhinya semua parameter pada simulasi, maka langkah selanjutnya adalah realisasi dan pengukuran kinerja dari antenna *microstrip array* yang sesungguhnya.

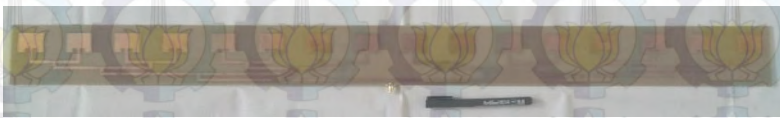
## **BAB 4**

### **REALISASI DAN PENGUKURAN KINERJA ANTENA**

Pada bab ini akan dibahas mengenai realisasi dan pengukuran kinerja antenna *microstrip array* yang telah dirancang pada bab 3. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui kinerja antenna yang sebenarnya. Parameter yang diukur yaitu *return loss*, VSWR, pola radiasi, dan *gain* antenna. Data hasil pengukuran digunakan untuk menganalisis perbedaan kinerja antenna hasil pengukuran dengan hasil simulasi sebelumnya.

#### **4.1 Realisasi Desain Antena *Microstrip array***

Desain akhir antenna *microstrip array* direalisasikan berdasarkan desain pada simulasi akhir dimana semua parameter yang diinginkan telah sesuai. Antena *microstrip array* direalisasikan dengan bahan PCB FR4 *epoxy* yang mempunyai nilai konstanta dielektrik relatif sebesar 4.3. pada ujung saluran transmisi dipasang konektor SMA *female* dengan impedansi sebesar 50 $\Omega$ . Desain antenna *microstrip array* hasil fabrikasi ditunjukkan pada gambar 4.1.



**Gambar 4.1** Realisasi antenna *microstrip array*

#### **4.2 Pengukuran Kinerja Antena *Microstrip array***

Pengukuran parameter antenna *microstrip array* diperlukan untuk mengetahui kinerja dari antenna yang telah dirancang. Dengan pengukuran secara riil maka dapat diketahui kinerja dari antenna apakah sudah sesuai dengan yang diinginkan. Data hasil pengukuran juga dapat dibandingkan dan di analisis dengan data hasil simulasi.

##### **4.2.1 Prosedur Pengukuran Antena**

Pengukuran pada Tugas Akhir ini dilakukan dengan menggunakan alat ukur *Network Analyzer* (NA), *Spectrum analyzer*, *Signal generator*, dan komponen tambahan lainnya. Pengukuran dilakukan Politeknik Elektronika Negeri Surabaya (PENS).

Langkah pertama yang dilakukan adalah *setting* perangkat pengukuran. Persiapan ini dilakukan terkait dengan persiapan perangkat baik, penempatan alat ukur yang harus sesuai dengan ketentuan, dan kalibrasi alat ukur. Peralatan yang digunakan adalah *network analyzer* merek Agilent Technologies seri Fieldfox N9923A, kalibrator, *signal generator* merek Agilent Technologies seri E8663B, *spectrum analyzer* merek BK Precision seri 2658A, *rotator angle*, antena referensi *horn* dengan *gain* 11,5 dB, dan konektor N to SMA.

#### 4.2.2 Prosedur Kalibrasi Alat Ukur

Proses kalibrasi hanya dilakukan pada *network analyzer*, pengaturan Kalibrasi *network analyzer* untuk pengukuran dilakukan dengan langkah-langkah berikut :

1. Siapkan peralatan antara lain *network analyzer*, kabel, dan kalibrator.
2. Nyalakan *network analyzer* dan menunggu proses booting *network analyzer* dengan kedua port terbuka sampai proses selesai.
3. Masuk ke menu kalibrasi lalu lakukan kalibrasi, terdapat dua proses kalibrasi antara lain kalibrasi *open*, dan kalibrasi *short*. Pada saat melakukan kalibrasi jika ingin melakukan pengukuran dengan menggunakan kabel maka kalibrasi dilakukan dengan kabel terpasang.
4. Setelah kalibrator terpasang langkah selanjutnya adalah menekan tombol *start* untuk memulai kalibrasi. Terdapat dua proses kalibrasi yaitu *short* dan *open*. Pada saat kalibrasi *open* maka yang dipasang adalah kalibrator *open*, dan saat kalibrasi *short* maka kalibrator yang dipasang adalah *short*.
5. Setelah proses kalibrasi selesai maka *network analyzer* sudah bisa digunakan.

#### 4.2.3 Prosedur Pengukuran *Return loss*, *VSWR*, *Bandwidth*, dan *Impedansi Input*

Prosedur yang dilakukan untuk melakukan pengukuran *return loss*, *VSWR*, *Bandwidth*, dan impedansi *input* sama hanya berbeda pada jenis pengukurannya. Langkah-langkah pengukuran adalah sebagai berikut :

1. Siapkan peralatan dan kalibrasi *network analyzer* seperti prosedur kalibrasi alat ukur.
2. Sambungkan konektor SMA pada antena ke port pada *network analyzer*, gunakan kabel untuk memudahkan pengukuran dan



mengurangi efek gelombang pantul yang muncul apabila antenna langsung dihubungkan ke alat ukur (*network analyzer*)

3. Tekan tombol *measure* untuk melakukan pengukuran
4. Pilih mode pengukuran, pengukuran apa yang ingin dilakukan, *logmag* untuk mengukur *return loss* dalam satuan desibel, *VSWR* untuk pengukuran *VSWR*, dan *smith* untuk pengukuran impedansi *input* dari antenna.
5. Setelah data hasil pengukuran muncul maka selanjutnya tekan tombol *hold* untuk menghentikan proses pengukuran dan merekam data.
6. Pasang marker pada titik-titik tertentu seperti batas bawah, dan batas atas frekuensi.
7. Simpan data hasil pengukuran dengan menekan tombol *save*. Atur tempat penyimpanan dan tipe file yang akan disimpan. Terdapat beberapa tipe file seperti *bmp* yang berupa gambar grafik hasil pengukuran, atau *csv* yang berupa tabel hasil pengukuran.
8. Untuk *bandwidth* didapatkan dengan cara mencari selisih batas atas dan batas bawah frekuensi yang nilainya lebih kecil dari -10dB pada pengukuran *return loss*. Posisi pengukuran *return loss*, *VSWR*, *Bandwidth*, dan impedansi *input* dapat dilihat pada gambar 4.2



**Gambar 4.2** Posisi pengukuran *return loss*, *VSWR*, *bandwidth*, dan impedansi *input* di ruangan *anechoic chamber* PENS

#### 4.2.4 Prosedur Pengukuran Pola Radiasi

Pengukuran selanjutnya adalah pengukuran pola radiasi dengan menggunakan *signal generator* dan *spectrum analyzer*. Prinsip kerja dari pengukuran pola radiasi adalah dengan mengukur daya terima dari antenna *microstrip array* yang terhubung *receiver*, pada pengukuran ini *receiver* adalah *spectrum analyzer*, yang dipancarkan oleh antenna referensi pada frekuensi kerja antenna *microstrip array* yang terhubung ke *transmitter*, pada pengukuran ini transmitter adalah *signal generator*. Nantinya antenna *microstrip array* diputar dalam sumbu *horizontal* dan *vertikal*, perubahan daya terima antenna *microstrip* pada tiap sudut perputaran itulah yang menggambarkan pola radiasi dari antenna *microstrip array*. Karena keterbatasan peralatan yang ada maka pengukuran pola radiasi yang dilakukan hanya pada bidang horizontal.

Langkah-langkah pengukuran pola radiasi adalah sebagai berikut :

1. Siapkan peralatan berupa *spectrum analyzer*, *signal generator*, antenna *referensi*, *rotator angle*, dan konektor.
2. Mengatur jarak pengukuran, dengan mengikuti jarak minimum medan jauh dari antenna *microstrip array* yang didapatkan dari persamaan :

$$r_{\min} > \frac{2D^2}{\lambda} \quad (4.1)$$

Keterangan :

$r_{\min}$  : jarak minimum medan jauh

$D$  : panjang diagonal dimensi antenna *microstrip*

Dari persamaan 4.1 dengan frekuensi 3 GHz dan  $D \cong 0.98\text{m}$ , maka jarak minimum medan jauh adalah  $\pm 19.2\text{ m}$ .

3. Mengatur tinggi dari antenna *receiver* dan *transmitter* terhadap permukaan tanah. Hal tersebut dimaksudkan untuk mencegah adanya gelombang pantul yang masuk pada antenna yang di ukur akibat pantulan dari tanah. Ketinggian minimum dari antenna mengikuti persamaan *freshnel zone* tingkat 1 yaitu :

$$h_n = \sqrt{\frac{n\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}} \quad (4.2)$$

Keterangan:

$h_n$  :tinggi freshnel zone tingkat n

$d_1$  : jarak antara transmitter dengan titik tengah

$d_2$  : jarak antara transmitter dengan titik tengah

Dari persamaan, dengan frekuensi 3 GHz dan  $d_1=d_2=10$  m, maka didapatkan nilai ketinggian minimum adalah 0.707 m.

4. Setelah antenna pada posisi yang telah ditentukan. Langkah selanjutnya adalah menyambungkan antenna referensi dengan *transmitter* dan *receiver* dengan antenna *microstrip*. Lalu nyalakan *signal generator* sebagai *transmitter* pada frekuensi 3GHz.
5. Setelah sinyal generator dinyalakan maka catat daya yang diterima oleh *spectrum analyzer* pada masing-masing sudut.
6. Dari hasil yang tercatat pada masing-masing sudut akan terbentuk pola radiasi dari antenna *microstrip array*.

#### 4.2.5 Prosedur Pengukuran Gain

Langkah-langkah pengukuran *gain* adalah sebagai berikut :

1. Siapkan peralatan berupa *spectrum analyzer*, *signal generator*, antenna referensi, rotator angle, dan konektor yang dibutuhkan
2. Atur jarak pengukuran, dengan mengikuti jarak minimum medan jauh dari antenna *microstrip array*
3. Mengatur tinggi dari antenna *receiver* dan *transmitter* terhadap permukaan tanah. Ketinggian minimum dari antenna mengikuti persamaan freshnel zone tingkat 1
4. Setelah antenna pada posisi yang telah ditentukan. Langkah selanjutnya adalah menyambungkan antenna referensi dengan *transmitter* dan *receiver* dengan antenna *microstrip*. Lalu nyalakan *signal generator* sebagai *transmitter* pada frekuensi 3GHz
5. Setelah *sinyal generator* dinyalakan maka catat daya yang diterima ( $P_t$ ) oleh *spectrum analyzer*
6. Selanjutnya tukar posisi antenna *microstrip* dengan antenna referensi sehingga antenna *microstrip* tersambung dengan *transmitter* dan antenna referensi tersambung dengan *receiver*. Lalu ukur dan catat daya yang diterima ( $P_s$ ).
7. *Gain* dari antenna *microstrip array* didapatkan dengan persamaan[11]

$$(G_t)_{dB} = (G_s)_{dB} + 10 \log \frac{P_t}{P_s} \quad (4.3)$$



Atau juga bisa di tulis :

$$(G_t)_{dB} = (G_s)_{dB} + (P_t)_{dB} - (P_s)_{dB} \quad (4.4)$$

Keterangan :

$G_t$  : penguatan antena yang diukur

$G_s$  : penguatan antena referensi

$P_t$  : daya yang diterima dengan menggunakan antena yang diukur

$P_s$  : daya yang diterima dengan menggunakan antena referensi

Karena adanya keterbatasan ruangan *anechoic chamber* yang hanya berukuran 5m x 3m, maka agar bisa mendapatkan pengukuran sesuai dengan jarak minimal medan jauh maka pengukuran dilakukan di lapangan PENS. Posisi pengukuran pola radiasi, dan *gain* dapat dilihat pada gambar 4.3



Gambar 4.3 Posisi pengukuran pola radiasi, dan *gain* di lapangan PENS

### 4.3 Hasil Pengukuran Antena *Microstrip array*

Sub bab ini membahas mengenai pemaparan hasil pengukuran yang sudah dilakukan. Hasil pengukuran yang telah diukur antara lain *return loss*, *bandwidth*, VSWR, pola radiasi, dan *gain*.

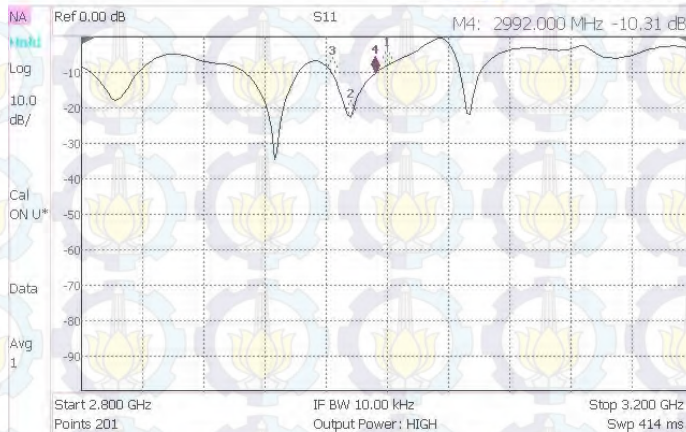
#### 4.3.1 Hasil Pengukuran *Return loss* dan *Bandwidth*

*Return loss* merupakan salah satu parameter penting pada perancangan antena, karena *return loss* menyatakan perbandingan daya yang dipantulkan kembali oleh antena. Nilai *return loss* menentukan

besarnya *bandwidth* antenna. Perubahan nilai *return loss* mengikuti perubahan frekuensi. Nilai *return loss* pada pengukuran dinyatakan dalam parameter S11. Nilai *return loss* hasil pengukuran dapat dilihat pada gambar 4.4.

Agilent Technologies: N9923A, SN: MY50371439

37% Mon, 04 Jan 2016 2:38:50 PM



**Gambar 4.4** Hasil pengukuran *return loss* di PENS

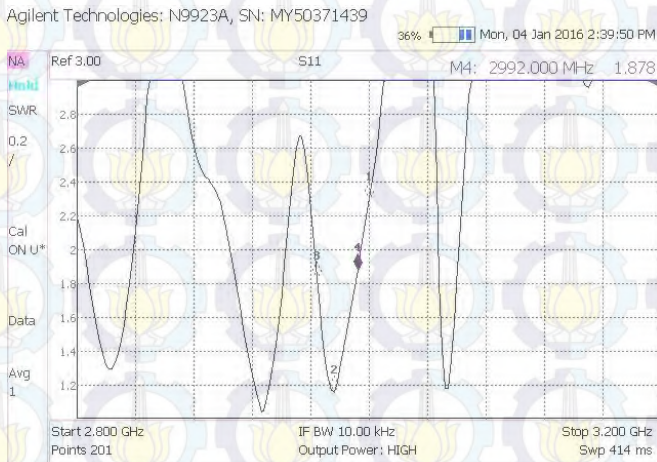
Dari hasil terlihat adanya peningkatan nilai *return loss* pada frekuensi 3 GHz, perubahan nilai *return loss* bisa disebabkan karena adanya perubahan nilai impedansi *input*. Dari hasil pengukuran terlihat nilai *return loss* pada frekuensi 3 GHz berada pada nilai -8,09 dB. Dengan batas nilai *return loss* -10 dB pada antenna didapatkan batas atas frekuensi kerja antenna adalah 2,992 GHz, dan batas bawah frekuensi kerja antenna adalah 2,964 GHz.. Dari batas atas dan bawah frekuensi kerja antenna maka diperoleh *bandwidth* dari antenna sebesar 28 MHz atau 0,94%. Data lebar *bandwidth* dapat dilihat pada tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Hasil pengukuran *bandwidth* antenna *microstrip array*

Tempat Pengukuran	Frekuensi Kerja		Lebar <i>Bandwidth</i> (MHz)	Lebar <i>Bandwidth</i> (%)
	Batas Atas (GHz)	Batas Bawah (GHz)		
PENS	2,992	2,964	28	0,94

#### 4.3.2 Hasil Pengukuran VSWR

Parameter VSWR menunjukkan besarnya gelombang berdiri yang ada, dengan batas nilai dari 1 sampai dengan tak hingga. Semakin kecil nilai VSWR maka kinerja antenna akan semakin baik, batas nilai untuk kinerja antenna adalah 2. Untuk itulah diperlukan pengukuran VSWR, hasil pengukuran VSWR antenna *microstrip array* dapat dilihat pada gambar 4.5.



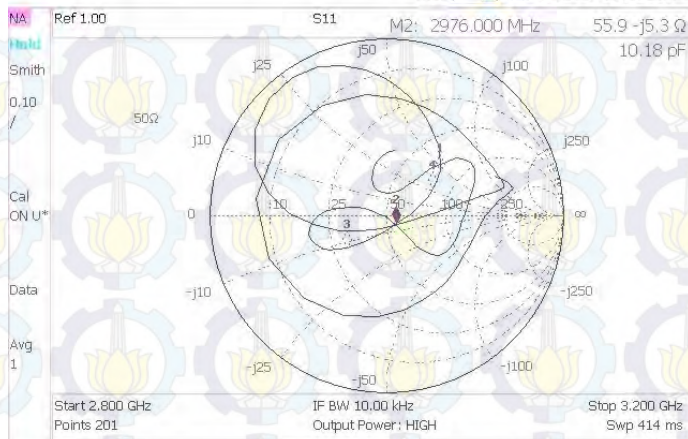
Gambar 4.5 Hasil pengukuran VSWR di PENS

Dari hasil pengukuran terlihat bahwa pada frekuensi 3GHz nilai dari VSWR adalah 2,29, nilai VSWR pada frekuensi 3 GHz mengalami kenaikan. Kenaikkan nilai VSWR mengikuti peningkatan yang terjadi pada *return loss* karena nilai VSWR didapatkan dari nilai *return loss*, sehingga perubahan yang terjadi pada nilai *return loss* akan mempengaruhi nilai VSWR.

#### 4.3.3 Hasil Pengukuran Impedansi Input

Parameter impedansi *input* menunjukkan besarnya impedansi yang dimiliki oleh antenna, penting untuk mengetahui besarnya impedansi *input* agar ketika antenna digunakan dan disambungkan ke saluran transmisi maka impedansi saluran transmisi bisa *match* dengan antenna sehingga tidak timbul gelombang berdiri. Hasil pengukuran impedansi *input* bisa dilihat pada gambar 4.6.





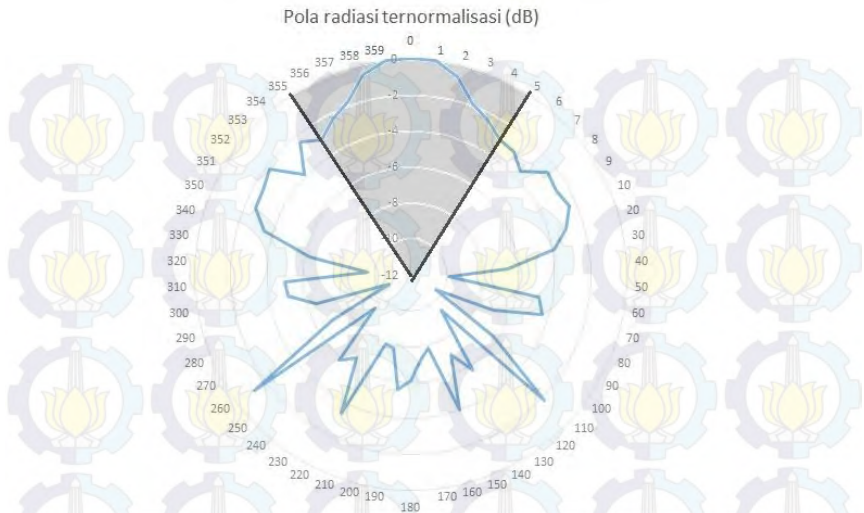
**Gambar 4.6** Hasil pengukuran impedansi *input* di PENS

Dari hasil pengukuran didapatkan bahwa nilai impedansi *input* pada frekuensi 3 GHz memiliki nilai sekitar 96 Ω ( $85 + j45$  Ω). Hal ini bisa menyebabkan ketidakcocokan karena saluran transmisi yang digunakan mempunyai impedansi sekitar 50 Ω dan target dari perancangan antenna memiliki nilai impedansi *input* sebesar 50 Ω. Ketidakcocokan tersebut akan menyebabkan adanya gelombang pantul yang akan mengubah nilai *return loss* dan VSWR. Perubahan nilai impedansi *input* disebabkan oleh kualitas konektor, bahan timah yang digunakan pada solder, dan kualitas hasil solder.

#### 4.3.4 Hasil Pengukuran Pola Radiasi

Pola radiasi menggambarkan radiasi dari antenna secara grafis, dari pola radiasi didapatkan arah pancaran dari antenna dan besarnya HPBW dari antenna. Proses pengukuran dapat dilihat pada gambar 4.3. Hasil pengukuran pola radiasi dapat dilihat pada gambar 4.7. Karena adanya keterbatasan peralatan maka pengukuran pola radiasi hanya dilakukan pada bidang horizontal.

Dari hasil pengukuran pola radiasi dapat dilihat bentuk pola radiasi adalah *directional*. Dengan arah pancaran *main lobe* pada sudut  $0^\circ$ . Dari hasil pengukuran pola radiasi didapatkan besarnya HPBW yaitu sebesar  $10^\circ$ .



**Gambar 4.7** Hasil pengukuran pola radiasi pada bidang horizontal

#### 4.3.5 Hasil Pengukuran *Gain*

Pada pengukuran besarnya *gain* dari antenna tidak langsung didapatkan tetapi diperoleh dari perhitungan matematis dari data yang diperoleh. Data yang dibutuhkan untuk melakukan perhitungan *gain* antenna *microstrip array* antara lain daya yang diterima oleh antenna referensi ( $P_s$ ), daya yang diterima oleh antenna *microstrip array* ( $P_t$ ), dan *gain* dari antenna referensi ( $G_s$ ). Data hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.2

Dari persamaan 4.4 pada buku tugas akhir maka didapatkan besarnya *gain* dari antenna *microstrip array* adalah 8,2 dB. Hasil pengukuran *gain* menunjukkan bahwa kinerja antenna pada *gain* sudah sesuai dengan yang diinginkan.

**Tabel 4.2** Hasil pengukuran *gain* antenna *microstrip array*

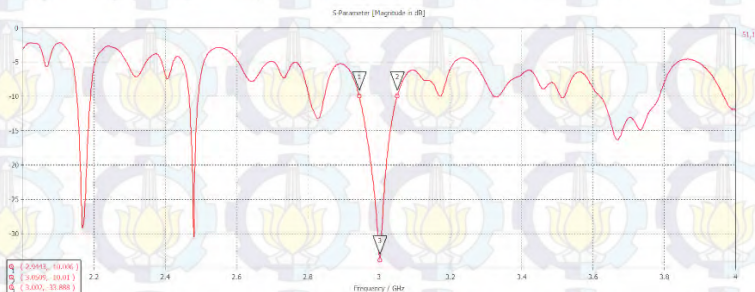
Daya yang diterima oleh antenna referensi (dBm)	Daya yang diterima oleh antenna <i>microstrip array</i> (dBm)	<i>Gain</i> antenna referensi (dB)	<i>Gain</i> antenna <i>microstrip array</i> (dB)
-43,7	-47	11,5	8,2

#### 4.4 Analisis Perbandingan Hasil Simulasi dan Hasil Pengukuran Antena *Microstrip Array*

Analisis perbandingan antara hasil simulasi dan hasil pengukuran dilakukan untuk mengetahui perubahan kinerja dari antena *microstrip array* pada saat simulasi dan realisasi.

##### 4.4.1 Analisis Perbandingan Nilai *Return loss*

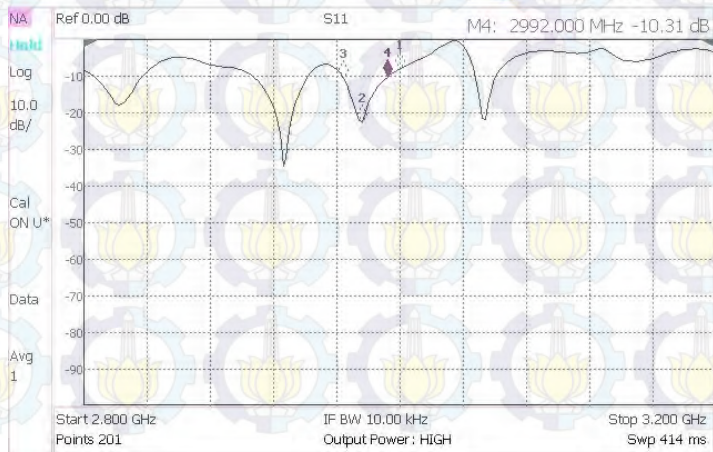
Data hasil simulasi dan pengukuran dapat dilihat pada gambar 4.8 dan gambar 4.9.



Gambar 4.8 Nilai *return loss* hasil simulasi antena *microstrip array*

Agilent Technologies: N9923A, SN: MY50371439

37% Mon, 04 Jan 2016 2:38:50 PM



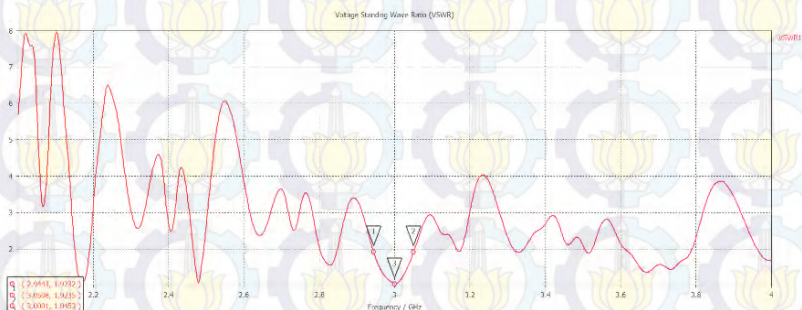
Gambar 4.9 Hasil pengukuran *return loss* di PENS



Dapat dilihat pada gambar 4.8 dan 4.9 bahwa pada hasil pengukuran terjadi nilai *return loss* pada frekuensi 3GHz naik menjadi -8,2 dB. Pada hasil simulasi nilai *return loss* pada frekuensi 3 GHz berada pada nilai -33.888 dB. Peningkatan nilai *return loss* disebabkan oleh adanya perubahan nilai impedansi *input* pada frekuensi tersebut. Perubahan nilai impedansi akan menyebabkan ketidakcocokan antara saluran transmisi dengan antenna. Ketidakcocokan tersebut akan meningkatkan nilai *return loss*, VSWR yang dipengaruhi oleh nilai *return loss* akan berubah karena nilai *return loss* yang berubah. Pada frekuensi 3 GHz nilai impedansi *input* berada pada nilai  $\pm 85 + 45i \Omega$ . Dari perhitungan didapatkan nilai *return loss* - 8 dB dapat dilihat hasil perhitungan mendekati hasil pengukuran.

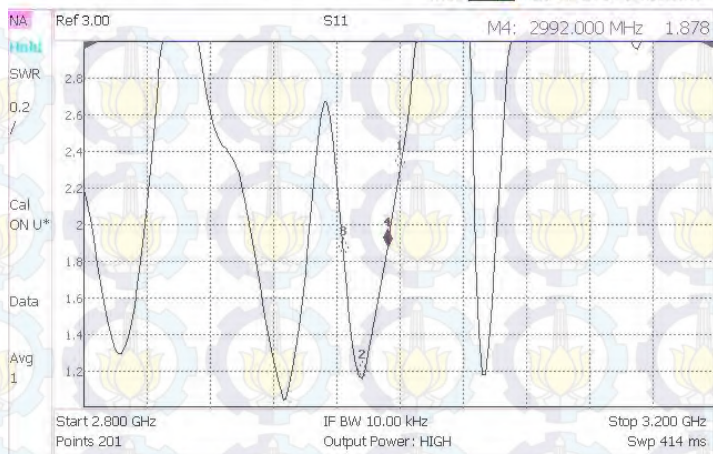
#### 4.4.2 Analisis Perbandingan Nilai VSWR

Data hasil simulasi dan pengukuran dapat dilihat pada gambar 4.10 dan gambar 4.11.



**Gambar 4.10** Nilai impedansi *input* hasil simulasi antenna *microstrip array*

Dapat dilihat pada gambar 4.10 dan 4.11 bahwa pada hasil pengukuran nilai VSWR pada frekuensi 3GHz naik menjadi 2,29. Perubahan nilai VSWR terjadi karena adanya perubahan nilai *return loss*, karena nilai VSWR dipengaruhi oleh nilai *return loss*. Melihat persamaan 2.10 pada buku tugas akhir didapatkan bahwa nilai VSWR didapatkan dari koefisien refleksi, nilai *return loss* yang merupakan bentuk logaritmik dari koefisien refleksi membuat perubahan yang terjadi pada *return loss* juga akan mempengaruhi nilai VSWR. Pada frekuensi 3 GHz nilai *return loss* -8 dB, Dari perhitungan didapatkan nilai VSWR 2.33, dapat dilihat hasil perhitungan mendekati hasil pengukuran



**Gambar 4.11** Hasil pengukuran VSWR di fasilitas pengukuran PENS

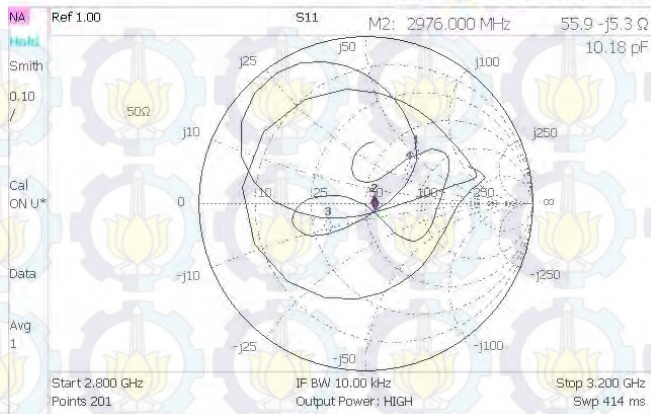
#### 4.4.3 Analisis Perbandingan Nilai Impedansi *Input*

Hasil simulasi dan pengukuran impedansi *input* dapat dilihat pada gambar 1.12 sampai dengan gambar 1.13.

Port1_e1 (peak)	
Component:	Abs
Frequency:	3
Phase:	0
Line Imp. [Ohms]:	49.47858047485
Wave Imp. [Ohms]:	208.991394043
Beta [1/m]:	116.6160964966
Accuracy:	3.641451899673e-014
Mode type:	QTEM
Maximum:	6235
Plane at y	-51.63499832153

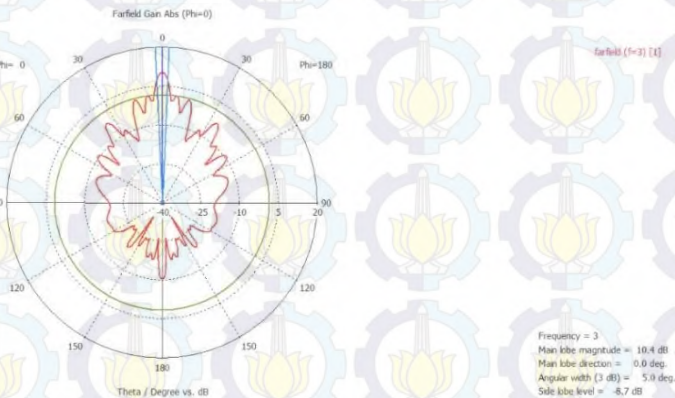
**Gambar 4.12** Nilai impedansi *input* hasil simulasi antenna *microstrip array*

Dari hasil simulasi dan pengukuran terlihat bahwa impedansi *input* mengalami perubahan. Perubahan nilai impedansi *input* dikarenakan kualitas konektor, bahan timah, dan hasil solder yang kurang baik, sehingga mengubah nilai impedansi *input* dari antenna.



**Gambar 4.13** Hasil pengukuran impedansi *input* di PENS

#### 4.4.4 Analisis Perbandingan Pola Radiasi

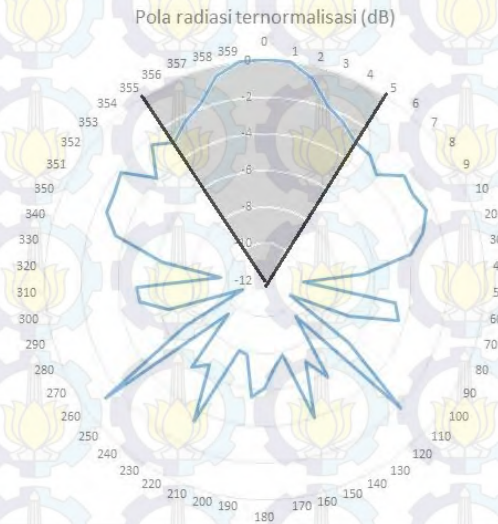


**Gambar 4.14** Pola radiasi bidang horizontal hasil simulasi antenna *microstrip* array 16 elemen

Hasil simulasi dan pengukuran pola radiasi dapat dilihat pada gambar 4.14 dan gambar 4.15. Dari gambar 4.14 gambar 4.15 dapat dilihat adanya perubahan nilai HPBW pada hasil pengukuran, dimana pada hasil simulasi nilai HPBW sebesar  $5^{\circ}$ , dan pada hasil pengukuran



nilai HPBW sebesar  $10^0$ . Perbedaan nilai HPBW disebabkan karena kondisi pengukuran. Kondisi pengukuran yang tidak ideal menyebabkan adanya perubahan atau ketidaktepatan hasil pengukuran.



**Gambar 4.15** Hasil pengukuran pola radiasi pada bidang horizontal

#### 4.4.5 Analisis Perbandingan Nilai Gain

Data hasil pengukuran *gain* dapat dilihat pada tabel 4.3. Dari hasil simulasi didapatkan besarnya *gain* adalah 10,4 dB, pada hasil pengukuran besarnya *gain* adalah 8,2 dB.

**Tabel 4.3** Hasil pengukuran *gain* antenna *misrostrip array*

Daya yang diterima oleh antenna referensi (dBm)	Daya yang diterima oleh antenna <i>microstrip array</i> (dBm)	<i>Gain</i> antenna referensi (dB)	<i>Gain</i> antenna <i>microstrip array</i> hasil pengukuran (dB)	<i>Gain</i> antenna <i>microstrip array</i> hasil Simulasi (dB)
-43.7	-47	11,5	8,2	10,4

Dari data hasil pengukuran dan simulasi didapatkan bahwa terdapat perbedaan nilai *gain*. Perbedaan nilai gain hasil pengukuran dan hasil simulasi disebabkan karena adanya naiknya nilai *return loss* dan VSWR, naiknya nilai *return loss* dan VSWR pada frekuensi 3GHz menunjukkan bahwa adanya peningkatan daya pantul pada frekuensi 3 GHz. Adanya peningkatan daya yang dipantulkan maka daya yang diteruskan oleh antenna akan semakin kecil sehingga terjadi penurunan gain dari antenna.

#### 4.4.6 Analisis Perbandingan Setiap Parameter

Setelah dilakukan pengukuran pada setiap parameter maka akan terlihat hasil dari setiap parameter yang telah diukur. Untuk melihat kinerja antenna secara utuh maka perlu dilihat hasil perbandingan dari setiap parameter dari antenna *microstrip array*. Perbandingan setiap parameter yang telah diukur dengan hasil simulasi dapat dilihat pada tabel 4.4.

**Tabel 4.4** Perbandingan parameter target, hasil simulasi, dan hasil pengukuran

Spesifikasi Antena	Target	Simulasi	Pengukuran
<i>Return loss</i>	< -10 dB	-33,888 dB	-8,09 dB
VSWR	< 2	1,045	2,29
Frekuensi tengah	3 GHz	3 GHz	2,978
Gain	$\geq 10$ dB	10,4 dB	8,2 dB
Pola radiasi	Directional	Directional	Directional
HPBW	5 Derajat	5 Derajat	10 Derajat
Impedansi input	$\pm 50 \Omega$	49,478 $\Omega$	$\pm 96 (85+45i) \Omega$

Dari tabel 4.4. terlihat bahwa kinerja dari antenna tidak dapat memenuhi target yang diinginkan, hasil pengukuran menunjukkan adanya perubahan hasil pada setiap parameter yang diinginkan. Namun parameter atau kinerja antenna hasil pengukuran memperlihatkan bahwa perubahan yang ada tidak terlalu jauh dari target yang diinginkan.

Perubahan *return loss*, dan VSWR terjadi karena adanya perubahan nilai impedansi input. Perubahan nilai *return loss*, dan VSWR akan mengubah frekuensi kerja dari antenna. Perubahan nilai *return loss*, VSWR, dan impedansi input mempengaruhi *gain* antenna. Perubahan nilai *return loss*, VSWR, dan impedansi input mempengaruhi besarnya daya yang dipantulkan oleh antenna pada frekuensi 3 GHz sehingga daya yang diteruskan oleh antenna menjadi berkurang dan gain antenna menurun.

Dengan menggunakan persamaan 2.8 sampai dengan persamaan 2.10 dan impedansi *input* antenna sebesar  $85 + 45i \Omega$  maka didapatkan nilai *return loss* -8 dB, dan nilai VSWR 2.33. bisa dilihat dari hasil perhitungan dan hasil pengukuran nilainya mendekati yang menunjukkan bahwa benar perubahan nilai impedansi *input* antenna mengubah nilai *return loss* dan VSWR dari antenna.

Perubahan nilai HPBW disebabkan oleh lingkungan pengukuran yang tidak ideal, bukan di *anechoic chamber*, sehingga terdapat *obstacle* yang mempengaruhi hasil pengukuran sehingga hasil pengukuran menjadi tidak akurat.

#### 4.5 Sintesis

Setelah melakukan fabrikasi antenna, pengukuran dan melakukan analisis hasil pengukuran diketahui desain dari antenna yang memenuhi parameter-parameter penting dalam melakukan perancangan antenna untuk sistem radar. Desain antenna berupa antenna *microstrip array* dengan jumlah elemen 16 elemen, jarak antar elemen 59,1 mm. Parameter antenna yang digunakan untuk mengukur kinerja antenna radar antara lain *return loss*, VSWR, impedansi *input*, *bandwidth*, pola radiasi, dan *gain*. Agar antenna dapat bekerja dengan baik ada batas-batas dari nilai parameter yang harus dipenuhi.

Nilai *return loss* untuk antenna harus lebih kecil dari -10dB. Nilai VSWR lebih kecil dari 2, dengan impedansi *input* sekitar  $50\Omega$ . Pola radiasi *directional* dengan HPBW sekitar  $5^\circ$ , dan *gain* lebih besar dari 10 dB.

Proses pengukuran dilakukan dengan beberapa peralatan antara lain *network analyzer*, *spectrum analyzer*, *signal generator*, *angle rotator*, dan antenna referensi. Untuk mendapatkan hasil pengukuran *return loss*, VSWR, dan impedansi *input* maka pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan *network analyzer*. Hasil pengukuran dari didapatkan nilai *return loss* -8,2 db. Nilai VSWR 2,29, impedansi *input* pada frekuensi sekitar  $96 \Omega$ . Pengukuran pola radiasi dan *gain* menggunakan *signal generator* sebagai *transmitter* dan *spectrum analyzer* sebagai *receiver*. Dari pengukuran pola radiasi didapatkan hasil pola radiasi antenna *directional* dengan HPBW sebesar  $10^\circ$  dan *gain* sebesar 8,2 dB.



## BAB 5

### PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari penelitian dan saran pengembangan pada penelitian selanjutnya..

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dimensi desain akhir akhir antenna memiliki lebar sebesar 937,98 mm dan panjang 73.87 mm, lebar saluran transmisi 3,1mm, lebar slot yang terletak simetris tepat disamping saluran transmisi 6 mm, panjang slot 4,75 mm, lebar transformator seperempat panjang gelombang 1,6 mm, panjang transformator seperempat panjang gelombang 14,16 mm
2. Penerapan *array linear* terbukti membuat *gain* dari antenna menjadi tinggi dengan hasil pengukuran didapatkan gain dari antenna sebesar 8,2 dB
3. Hasil simulasi antenna *microstrip array* menunjukkan frekuensi kerja terletak pada frekuensi 2,9443 GHz - 3,0509 GHz, dengan pola radiasi *directional* dengan *gain* 10,4dB.
4. Hasil pengukuran antenna *microstrip array* menunjukkan frekuensi kerja terletak pada frekuensi 2,964 GHz – 2,992 GHz, dengan pola radiasi *directional* dengan *gain* 8,2 dB.
5. Perubahan nilai *return loss* dan VSWR hasil pengukuran disebabkan adanya perubahan nilai impedansi *input*, pada frekuensi 3 GHz nilai impedansi *input* berada pada nilai  $\pm 85 + 45i \Omega$ . Dari perhitungan didapatkan nilai *return loss* -8 dB, dan nilai VSWR 2.33. Dapat dilihat hasil perhitungan mendekati hasil pengukuran
6. Perbedaan HPBW disebabkan karena tempat pengukuran yang tidak ideal (*anechoic chamber*) pada tempat pengukuran masih terdapat *obstacle* yang mengubah hasil pengukuran
7. Perbedaan nilai *gain* hasil pengukuran dan hasil simulasi disebabkan karena naiknya nilai *return loss* dan VSWR, naiknya nilai *return loss* dan VSWR pada frekuensi 3GHz menunjukkan bahwa adanya peningkatan daya pantul pada frekuensi 3GHz. Adanya peningkatan daya yang dipantulkan maka daya yang

diteruskan oleh antenna akan semakin kecil sehingga terjadi penurunan gain dari antenna.

## 5.2 Saran

Saran untuk pengembangan penelitian antenna *microstrip array* untuk radar berbasis *software defined radio* yaitu :

1. Pengukuran kinerja antenna sebaiknya dilakukan diruangan khusus pengukuran antenna yang disebut *anechoic chamber* agar tidak ada interferensi gelombang elektromagnetik.
2. Ketelitian dalam melakukan fabrikasi meliputi bahan yang digunakan tepat sesuai dengan yang diinginkan, dimensi dari antenna, konektor, timah solder dan hasil solder yang baik
3. Peralatan Pengukuran yang presisi, terkalibrasi, dan sudah terukur.
4. Pengembangan antenna radar dengan *bandwidth* lebar (*broadband*) untuk sistem radar *software defined radio*
5. Pengembangan antenna *microstrip array* menjadi antenna *phased array*.

## LAMPIRAN A PROPOSAL TUGAS AKHIR

**Jurusan Teknik Elektro**  
Fakultas Teknologi Industri – ITS

TE141599 TUGAS AKHIR – 4 SKS

Nama Mahasiswa : Nazmi Rasyidin  
Nomor Pokok : 2211 100 181  
Bidang Studi : Telekomunikasi Multimedia  
Tugas Diberikan : Semester Gasal 2015/2016  
Dosen Pembimbing : 1. Prof. Ir. Gamantyo Hendranto, M.Eng, Ph.D.  
2. Eko Setijadi, ST., MT., Ph.D.

16 SEP 2015

Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Antena *Microstrip Array* untuk Sistem Radar  
Berbasis *Software Defined Radio*

(Implementation of *Microstrip Array Antenna* for Radar System  
Based on *Software Defined Radio*)

### Uraian Tugas Akhir

Kebutuhan Indonesia terhadap radar sebagai pendukung keamanan kedaulatan negara mendorong Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) untuk melakukan penelitian mengenai radar berbasis *software defined radio* (SDR) yang memiliki kelebihan pengurangan daya kecil dan ringkas. Permasalahan yang muncul salah satunya adalah kebutuhan terhadap antena untuk sistem radar. Hal ini bisa diatasi dengan pembuatan antena menggunakan antena mikrostrip yang memiliki kelebihan ringkas, murah dan mudah dalam fabrikasi. Mikrostrip mempunyai karakteristik *gain* rendah sedangkan antena untuk sistem radar membutuhkan penguatan (*gain*) yang tinggi, untuk memenuhi parameter antena radar maka diperlukan cara untuk meningkatkan *gain* dari antena mikrostrip. Pemilihan jenis antena mikrostrip dengan *gain* tinggi kemudian melakukan peningkatan *gain* dengan menyusun antena menjadi *array* adalah cara yang dapat dilakukan.

Langkah-langkah dalam realisasi antena pertama adalah mendesain antena sesuai dengan parameter yang sesuai dengan kriteria, lalu dilakukan simulasi untuk melihat hasil desain. Jika parameter hasil simulasi sudah memenuhi kriteria dari antena untuk sistem radar maka langkah selanjutnya adalah realisasi antena dan pengukuran parameter antena, jika hasil pengukuran tidak memenuhi kriteria maka akan dilakukan penyesuaian.

**Jurusan Teknik Elektro**  
Fakultas Teknologi Industri – ITS

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,

Prof. Ir. Gamantyo Hendranto, M. Eng, Ph.D.  
NIP. 197011111993031002

Eko Setijadi, ST., MT., Ph.D.  
NIP. 197210012003121002

Mengeluhi,  
Jurusan Teknik Elektro FTI – ITS  
Ketua,

Menyetujui,  
Bidang Studi Teknik  
Telekomunikasi Multimedia  
Koordinator,

Dr. Tri Arief Sardjono, ST., MT.  
NIP. 197002121995121001

Dr. Ir. Endrovoho, DEA  
NIP. 196504041991021001



## LAMPIRAN B

### HASIL PENGUKURAN KINERJA ANTENA MICROSTRIP ARRAY

**Tabel B.1** Data hasil pengukuran *return loss* di PENS

Frekuensi (Ghz)	S11 (dB)	Frekuensi (Ghz)	S11 (dB)
2.8	-8.569313974	3.002	-7.669789339
2.802	-8.926894871	3.004	-7.253127422
2.804	-9.403298178	3.006	-6.843341304
2.806	-10.0053353	3.008	-6.441589334
2.808	-10.72736365	3.01	-6.036749075
2.81	-11.58847323	3.012	-5.627881398
2.812	-12.62992614	3.014	-5.191453522
2.814	-13.81666515	3.016	-4.734615011
2.816	-15.05764333	3.018	-4.25577512
2.818	-16.29263594	3.02	-3.749281465
2.82	-17.30917504	3.022	-3.221489268
2.822	-17.88925269	3.024	-2.664261962
2.824	-17.77092503	3.026	-2.096271522
2.826	-16.99947534	3.028	-1.53332942
2.828	-15.8414989	3.03	-1.01099166
2.83	-14.54979261	3.032	-0.639354454
2.832	-13.25462277	3.034	-0.440134627
2.834	-12.03924773	3.036	-0.511256901
2.836	-10.90290655	3.038	-0.968353358
2.838	-9.868278202	3.04	-1.8942625
2.84	-8.933506526	3.042	-3.280274251
2.842	-8.113047014	3.044	-5.157641734
2.844	-7.393121015	3.046	-7.622584203

2.846	-6.773801276	3.048	-10.84793378
2.848	-6.239414067	3.05	-15.3235019
2.85	-5.783919151	3.052	-21.59349878
2.852	-5.464038892	3.054	-21.82184522
2.854	-5.219838394	3.056	-16.54990134
2.856	-5.050261898	3.058	-13.14398055
2.858	-4.937727204	3.06	-10.88884204
2.86	-4.891336147	3.062	-9.221681534
2.862	-4.935096893	3.064	-7.972010322
2.864	-5.040359289	3.066	-6.998715543
2.866	-5.19334087	3.068	-6.232754687
2.868	-5.391266568	3.07	-5.612255544
2.87	-5.626957129	3.072	-5.096939581
2.872	-5.893557263	3.074	-4.666576375
2.874	-6.18957213	3.076	-4.329832829
2.876	-6.485879114	3.078	-4.043039948
2.878	-6.772546047	3.08	-3.816768171
2.88	-7.025148394	3.082	-3.632387215
2.882	-7.235444812	3.084	-3.495163156
2.884	-7.40535717	3.086	-3.386814208
2.886	-7.524874175	3.088	-3.312620612
2.888	-7.607622448	3.09	-3.267655754
2.89	-7.654502045	3.092	-3.258788442
2.892	-7.76038609	3.094	-3.272169426
2.894	-7.854143795	3.096	-3.307188164
2.896	-8.006999555	3.098	-3.364540749
2.898	-8.193145307	3.1	-3.444596618
2.9	-8.457693732	3.102	-3.53637447
2.902	-8.85736381	3.104	-3.630054526

2.904	-9.341966613	3.106	-3.730302761
2.906	-9.926065602	3.108	-3.825204712
2.908	-10.60707004	3.11	-3.92876603
2.91	-11.4296233	3.112	-3.944103701
2.912	-12.43298134	3.114	-3.918342649
2.914	-13.59408515	3.116	-3.83786139
2.916	-14.97461611	3.118	-3.705985698
2.918	-16.65167835	3.12	-3.505410011
2.92	-18.7814137	3.122	-3.138529595
2.922	-21.61548693	3.124	-2.757075912
2.924	-25.97320352	3.126	-2.48774209
2.926	-34.65220397	3.128	-2.529867707
2.928	-32.62752688	3.13	-2.942200162
2.93	-24.62687298	3.132	-3.544892442
2.932	-20.24226096	3.134	-4.188746201
2.934	-17.21780049	3.136	-4.772646675
2.936	-14.89332506	3.138	-5.259222399
2.938	-12.98747338	3.14	-5.642535357
2.94	-11.38058092	3.142	-5.793839309
2.942	-10.10109889	3.144	-5.926315818
2.944	-9.016651971	3.146	-6.029238576
2.946	-8.153190147	3.148	-6.093078517
2.948	-7.496796563	3.15	-6.126565983
2.95	-7.037526631	3.152	-6.036627422
2.952	-6.839037779	3.154	-5.912128778
2.954	-6.857119329	3.156	-5.751617171
2.956	-7.114724046	3.158	-5.545814936
2.958	-7.60569124	3.16	-5.310794344
2.96	-8.373825854	3.162	-5.017879026



2.962	-9.359846198	3.164	-4.719504858
2.964	-10.63809056	3.166	-4.419556172
2.966	-12.24463957	3.168	-4.134734936
2.968	-14.24298357	3.17	-3.861202242
2.97	-16.72510655	3.172	-3.608547731
2.972	-19.68579817	3.174	-3.387304223
2.974	-22.39898705	3.176	-3.189144098
2.976	-22.58270723	3.178	-3.029093914
2.978	-20.28168826	3.18	-2.893252669
2.98	-17.80678809	3.182	-2.79886413
2.982	-15.81973076	3.184	-2.730903977
2.984	-14.25748208	3.186	-2.698652924
2.986	-12.96123593	3.188	-2.705370311
2.988	-11.91600569	3.19	-2.749378672
2.99	-11.03940842	3.192	-2.827206528
2.992	-10.31421064	3.194	-2.953758442
2.994	-9.667580043	3.196	-3.128809236
2.996	-9.093452586	3.198	-3.395709816
2.998	-8.572390518	3.2	-3.742291306
3	-8.096858296		

**Tabel B.2** Data hasil pengukuran VSWR di PENS

Frekuensi (GHz)	VSWR	Frekuensi (GHz)	VSWR
2.8	2.189030409	3.002	2.410254
2.802	2.114354225	3.004	2.532658
2.804	2.024416946	3.006	2.668467
2.806	1.924120177	3.008	2.8193
2.808	1.820178591	3.01	2.992584
2.81	1.715089695	3.012	3.193976

2.812	1.609659854	3.014	3.445253
2.814	1.511876254	3.016	3.759503
2.816	1.429105656	3.018	4.163267
2.818	1.361940474	3.02	4.705082
2.82	1.315657046	3.022	5.454142
2.822	1.292284576	3.024	6.571339
2.824	1.296888725	3.026	8.327174
2.826	1.328999844	3.028	11.35886
2.828	1.38495001	3.03	17.20231
2.83	1.460896902	3.032	27.18308
2.832	1.555599189	3.034	39.47769
2.834	1.666866476	3.036	33.98838
2.836	1.79722799	3.038	17.95808
2.838	1.945768046	3.04	9.207054
2.84	2.113034426	3.042	5.358625
2.842	2.294672387	3.044	3.466552
2.844	2.489898874	3.046	2.423408
2.846	2.693232421	3.048	1.804325
2.848	2.902906451	3.05	1.413496
2.85	3.113633048	3.052	1.181593
2.852	3.283452824	3.054	1.176465
2.854	3.427591712	3.056	1.349531
2.856	3.536141737	3.058	1.564733
2.858	3.612412876	3.06	1.799036
2.86	3.644904308	3.062	2.057507
2.862	3.614238328	3.064	2.32996
2.864	3.542712892	3.066	2.615
2.866	3.444072592	3.068	2.905757
2.868	3.324997988	3.07	3.202277

2.87	3.194465634	3.072	3.505521
2.872	3.059816581	3.074	3.811712
2.874	2.924394021	3.076	4.094853
2.876	2.801711108	3.078	4.374012
2.878	2.693684367	3.08	4.624439
2.88	2.606151772	3.082	4.851966
2.882	2.538183274	3.084	5.03712
2.884	2.486242848	3.086	5.194062
2.886	2.451195095	3.088	5.307529
2.888	2.427613929	3.09	5.378835
2.89	2.41449479	3.092	5.393132
2.892	2.38548371	3.094	5.371588
2.894	2.360490335	3.096	5.31604
2.896	2.321081221	3.098	5.227593
2.898	2.275210847	3.1	5.10912
2.9	2.213741738	3.102	4.979983
2.902	2.128363461	3.104	4.854995
2.904	2.035434152	3.106	4.728294
2.906	1.936559979	3.108	4.614561
2.908	1.836399865	3.11	4.496819
2.91	1.733125693	3.112	4.479915
2.912	1.628031637	3.114	4.508383
2.914	1.528674975	3.116	4.599825
2.916	1.434121685	3.118	4.758389
2.918	1.344757773	3.12	5.022786
2.92	1.260043575	3.122	5.595098
2.922	1.18109217	3.124	6.353613
2.924	1.105869607	3.126	7.03062
2.926	1.037716693	3.128	6.91515



2.928	1.047854497	3.13	5.960698
2.93	1.124726698	3.132	4.968342
2.932	1.215451322	3.134	4.227315
2.934	1.319528575	3.136	3.730984
2.936	1.439099896	3.138	3.403412
2.938	1.577968102	3.14	3.186235
2.94	1.738810219	3.142	3.108677
2.942	1.909380322	3.144	3.044138
2.944	2.096616691	3.146	2.996028
2.946	2.284867524	3.148	2.967035
2.948	2.45932218	3.15	2.952078
2.95	2.602032322	3.152	2.992639
2.952	2.6699838	3.154	3.050906
2.954	2.663622259	3.156	3.129895
2.956	2.576682112	3.158	3.238111
2.958	2.428158061	3.16	3.372307
2.96	2.232776687	3.162	3.557729
2.962	2.032206049	3.164	3.770964
2.964	1.832177421	3.166	4.015101
2.966	1.646246724	3.168	4.280465
2.968	1.481457096	3.17	4.572906
2.97	1.341360218	3.172	4.883107
2.972	1.231354924	3.174	5.193329
2.974	1.164189726	3.176	5.508217
2.976	1.160477594	3.178	5.792981
2.978	1.214370966	3.18	6.059653
2.98	1.2954847	3.182	6.260337
2.982	1.386102441	3.184	6.413498
2.984	1.480461217	3.186	6.488903

2.986	1.580223871	3.188	6.473048
2.988	1.679634205	3.19	6.371106
2.99	1.779949504	3.192	6.198657
2.992	1.877667683	3.194	5.937814
2.994	1.978693875	3.196	5.612108
2.996	2.081741831	3.198	5.180794
2.998	2.188359132	3.2	4.713604
3	2.298655933		

**Tabel B.3** Data hasil pengukuran pola radiasi

Sudut	Daya Terima (dbm)	Sudut	Daya Terima (dbm)
0	-56.2	180	-63.1
1	-56.8	190	-62.6
2	-57.7	200	-64.8
3	-58.9	210	-64.9
4	-59.4	220	-60.4
5	-60	230	-63.5
6	-60.1	240	-62.8
7	-60.6	250	-66.3
8	-59.5	260	-58.2
9	-59.7	270	-64
10	-59.4	280	-67.7
20	-60	290	-63.5
30	-60.9	300	-62.1
40	-63.6	310	-62
50	-66.9	320	-66.6
60	-61.8	330	-63.3
70	-61.4	340	-60.5
80	-64	350	-59.6

90	-67.4	351	-59.5
100	-63.3	352	-59.2
110	-58.8	353	-60.9
120	-66.4	354	-59.4
130	-62.7	355	-60
140	-64	356	-59.3
150	-61	357	-58.8
160	-64.8	358	-57.6
170	-64.2	359	-57



# LAMPIRAN C

## SPESIFIKASI PERANGKAT

### C.1 Data Sheet Kabel Coaxial

#### Detailed Specifications & Technical Data

ENGLISH MEASUREMENT VERSION



8219 Coax - RG-58A/U Type

For more Information  
please call

1-800-Belden1



#### General Description:

RG-58A/U type, 20 AWG stranded (19x32) .037" tinned copper conductor, foam polyethylene insulation, tinned copper braid shield (95% coverage), PVC jacket.

#### Physical Characteristics (Overall)

##### Conductor

AWG

# Coax AWG Stranding	Conductor Material	Dia. (in.)
1	20	19x32
	TC - Tinned Copper	.037

Total Number of Conductors:

1

##### Insulation

Insulation Material:

Insulation Material	Dia. (in.)
FPE - Foam Polyethylene	.134

##### Outer Shield

Outer Shield Material:

Type	Outer Shield Material Coverage (%)
Braid	TC - Tinned Copper
	95.000

##### Outer Jacket

Outer Jacket Material:

Outer Jacket Material
PVC - Polyvinyl Chloride

##### Overall Cable

Overall Nominal Diameter: 0.143 in.

#### Mechanical Characteristics (Overall)

Operating Temperature Range:	-40°C To +80°C
UL Temperature Rating:	80°C
Bulk Cable Weight:	25 lbs/1000 ft.
Max. Recommended Pulling Tension:	50 lbs.
Min. Bend Radius/Min. Angle:	2 in.

#### Applicable Specifications and Agency Compliance (Overall)

Applicable Standards & Environmental Programs

NEC (UL) Specifications:	CM
CEC (UL) Specifications:	CM
AWM Specifications:	UL Style 1354
EU Directive 2011/65/EU (RoHS):	Yes
EU CE Mark:	Yes
EU Directive 2002/95/EC (ELV):	Yes
EU Directive 2002/95/EC (RoHS):	Yes
EU RoHS Compliance Date (mm/dd/yyyy):	01/01/2004
EU Directive 2002/96/EC (WEEE):	Yes
EU Directive 2003/11/EC (GPP):	Yes
CA Prop 65 (CJ for Wire & Cable):	Yes
MIL Order 883 (China RoHS):	Yes
PMSHA Specification:	SC-1825

## Detailed Specifications & Technical Data

ENGLISH MEASUREMENT VERSION

**BELDEN**  
SPEEDING ALL THE RIGHT THINGS

8219 Coax - RG-58A/U Type

Wire Type:	35AWG
Flame Test:	
UL Flame Test:	UL95 UL Listing
Suitability:	
Suitability - Indoor:	Yes
Plenum/Non-Plenum:	
Plenum (P/NF):	No
<b>Electrical Characteristics (Overall)</b>	
Norm. Characteristic Impedance:	
Impedance (Ohm):	54
Norm. Inductance:	
Inductance (pH/ft):	0.005
Norm. Capacitance Conductor to Shield:	
Capacitance (pF/ft):	20.5
Nominal Velocity of Propagation:	
VP (%):	73
Nominal Delay:	
Delay (ns/ft):	1.38
Norm. Conductor DC Resistance:	
DCR @ 20°C (Ohm/1000 ft):	9.8
Nominal Outer Shield DC Resistance:	
DCR @ 20°C (Ohm/1000 ft):	4.1
Norm. Attenuation:	
Freq. (MHz)	Attenuation (dB/100 ft)
1	0.4
10	0.3
50	3.1
100	4.5
200	6.0
400	10.0
700	14.2
900	16.8
1000	18.1
Max. Operating Voltage - UL:	
Voltage:	
30 V RMS (UL AWG Style 1341)	
300 V RMS (GIA)	
Other Electrical Characteristics:	Actual Impedance specification is 51.5 +/- 3 ohms.

### Put Ups and Colors:

Item #	Package	Ship Weight	Color	Notes	Item Desc.
8219 001000	500 FT	14.00 LB	WHITE		RG58AU TYPE COAX
8219 001000	500 FT	28.00 LB	WHITE	C	RG58AU TYPE COAX
8219 001000	1000 FT	27.00 LB	BLACK		RG58AU TYPE COAX
8219 001000	500 FT	14.00 LB	BLACK		RG58AU TYPE COAX
8219 001000	1000 FT	28.00 LB	BLACK	C	RG58AU TYPE COAX
8219 001000	500 FT	14.00 LB	BLACK	C	RG58AU TYPE COAX

Notes:  
C = CRATE REEL PUT-UP.

## C.2 Data Sheet Spectrum Analyzer

### Data Sheet

## Handheld Spectrum Analyzers, 3.3 GHz & 8.5 GHz Models 2650A, 2652A, 2658A



#### Truly portable solution for quick and precise spectrum analysis

B&K Precision's 2650A series handheld spectrum analyzers are compact, light weight, and cost-effective spectrum analyzers for quick and precise signal investigations, especially away from the bench. At a weight of only 1.8 kg (4 pounds), the 2650A series are by far the lightest full-featured spectrum analyzer available, yet they deliver performance and features comparable to full-size bench spectrum analyzers and can operate up to 4 hours on a single battery.

With their ease of use, measurement flexibility, and unmatched portability, the 2650A series analyzers are indispensable tools for engineers and technicians who conduct field measurements in the 50 kHz to 8.5 GHz range.

Model	Frequency Range
2650A	50 kHz – 3.3 GHz
2652A	50 kHz – 3.3 GHz with Tracing Generator
2658A	20 kHz – 8.5 GHz

#### Applications

- Installation, maintenance, and troubleshooting of wireless communication systems such as W-CDMA/CDMA, GSM, WLAN, WiMAX and Bluetooth
- Frequency response measurements of passive components such as RF cables, filters, and attenuators (model 2652A)
- Detection of signal interference and undesired emissions
- TV and broadcasting
- Antenna alignment
- Electric field strength measurement with dipole antennas optimized for typical frequencies used in wireless systems (order M401-M406)
- Magnetic field strength measurement with magnetic field probe (PR 26m)

#### Superb performance improves your productivity

Advanced synthesizer-based design enables the 2650A series to provide you with an accurate and detailed picture of the spectrum you are investigating.

- Fast sweep speed, minimum 10 ms, to help locate and identify elusive, transient interference signals
- DANL (displayed average noise level) of -127 dBm
- Single sideband phase noise – 90 dBc @ 100 kHz offset



#### Key features and benefits

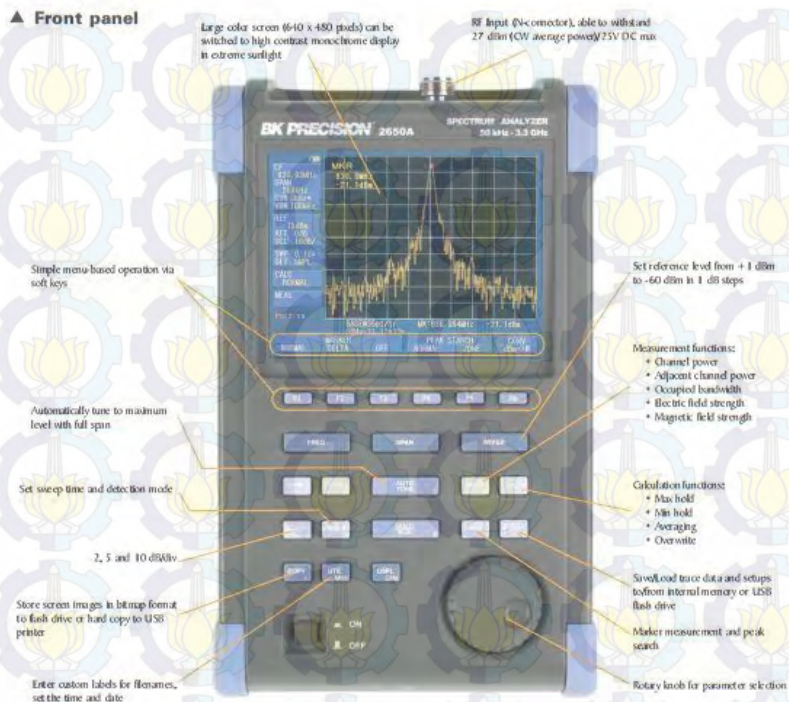
- Frequency range from 50 kHz – 3.3 GHz or 8.5 GHz
- A truly portable spectrum analyzer weighing only 1.8 kg including the battery
- Impressive 4 hour battery life; easy-to-replace rechargeable Lithium-Ion battery
- Built-in tracing generator to rapidly determine transmission characteristics of 2 port devices (model 2652A)
- USB interface for PC connectivity
- Intuitive PC Software for remote control and documentation of measurement results
- Conveniently store measurement results and screen shots in bitmap format to USB flash drive (USB host interface)
- Large easy-to-read color display (TFT LCD, 640 x 480 resolution)
- Measurement functions: channel/adjacent channel power, occupied bandwidth, electric and magnetic field strength
- Convenient Auto Tune function automatically sets center frequency to the maximum signal within full span and optimum settings for RBW, VSWR and sweep time
- External trigger for zero span measurements
- SCPI-like remote control commands



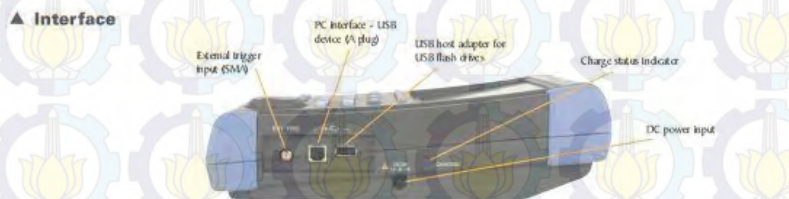


# Handheld Spectrum Analyzers, 3.3 GHz & 8.5 GHz Models 2650A, 2652A & 2658A

## ▲ Front panel



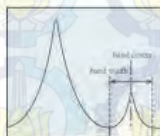
## ▲ Interface



## ▲ Versatile measurement functions

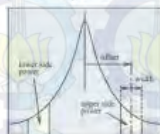
### Channel power measurement

Allows you to measure the total power or noise power in a user-specified bandwidth.



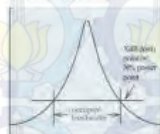
### Adjacent channel power

Measure the ratio of power leakage from the wanted signal into adjacent channels. Center frequency, adjacent channel bandwidth, and offset between main carrier and adjacent channels can be set. Users can select from any of the following three measurement methods based on the reference carrier definition: total power (of displayed spectrum), peak power (reference level) and in-band power (user-specified band width).



### Occupied Bandwidth

This measurement calculates the bandwidth containing the total integrated power occupied in a given signal bandwidth. Two measurement methods are available: The user can specify N% of total power or the X dB down point relative to the carrier peak level.

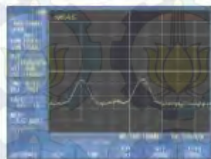


### Electric field strength measurement

A dipole antenna (option M401 - M406) connected to the RF input enables the measurement of electric field strength. Users can choose from 6 antennas based on the frequency range under investigation. Each antenna's resonance point is optimized for the frequency spectrum of a specific wireless standard:

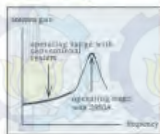
- M401 is suitable for GSM 850/900
- M403 for W-CDMA and GSM 1800/1900
- M404 for 2.4 GHz wireless LAN and Bluetooth
- M406 for 5 GHz wireless LAN

Combined with the MAX HOLD function and a 10 ms sweep time, the M404 dipole antenna is capable of measuring the electric field strength of



Bluetooth systems and systems using direct sequence spread spectrum/frequency hopping modulation techniques.

Using multiple dedicated dipole antennas leads to better measurement results compared to the conventional method of using only a single wide band antenna in which case the frequency range under investigation is typically located far away from the antenna's resonance point, resulting in poor dynamic range. Measuring at or near the resonance point where the antenna gain is at a maximum translates into high dynamic measurement range.



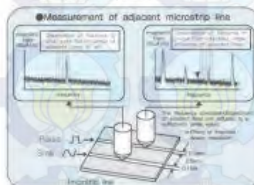
Since the antenna gain factor compensation data is preloaded into the analyzer, the field strength is displayed directly in dBV/m. The analyzers also support downloading of user-defined gain factor tables for custom antennas.

### Magnetic field strength measurement

Using a magnetic field probe (option PR 26A), the 2650A series is capable of accurately measuring the magnetic field distribution on a PCB (printed circuit board) or IC (integrated circuit). The magnetic field strength detector inside the probe consists of a shielded loop structure using a glass ceramic multi-layer board technology with high frequency characteristics. This enables the detection of magnetic field components only. The probe can measure over a wide frequency range of 10 MHz to 3 GHz. Since the probe's compensation data is already preloaded into the analyzer, the magnetic field strength is displayed directly in dBuV/m.



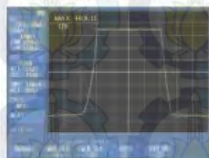
Typical applications of this magnetic field probe are: evaluation of the effectiveness of a bypass capacitor located near the power supply terminal of an IC or evaluation of the microstrip layout on a PCB. Due to the probe's high spatial resolution (approximately 0.25 mm), it is not affected by adjacent patterns.



## ▲ Calculation and Marker functions

### Max and Min Hold

**Max Hold:** At each displayed frequency, the currently-measured value is compared to the previously-measured value and the larger one is retained and displayed. This feature is useful for observing a bursted or intermittent signal or for measuring the electric field strength of systems using direct sequence spread spectrum/frequency hopping modulation techniques.

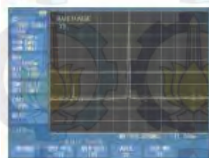


**Min hold:** At each displayed frequency, the currently-measured value is compared to the previously-measured value and the smaller one is retained and displayed.

In both cases, the number of sweeps can be set to  $2^N$ , where N is from 1 to 10 or infinite.

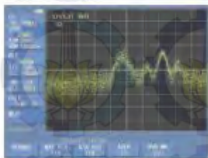
### Averaging

The analyzer continuously sweeps, then calculates and displays the average value over the total number of sweeps. The number of sweeps can be set to  $2^N$ , where N is from 1 to 10. Averaging is useful for detecting signals buried in the noise floor because random noise is averaged out.



### Overwrite

The results of each consecutive sweep are displayed and the screen is not cleared after each sweep. This lets you observe the long term variations of a signal.



### Marker Function

Two different modes are available for marker measurements:

- Normal marker mode measures the frequency and level of the marked point
- Delta marker mode measures the frequency and level differences between the two markers (see image)

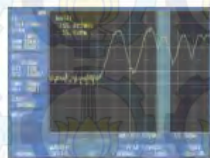


Delta marker measurement

### Peak Function

Two different modes are available for peak search:

- Normal peak search mode searches for the highest level on the screen. In this mode, you can also use the NEXT button to locate the marker on the next smaller peak.
- In-zone peak search mode searches for the peak level in the range specified by the center value and width.



The picture shown demonstrates in-zone peak search.



### ▲ Easy operation

The 2650A series handheld spectrum analyzers are straightforward to operate and provide many functions to facilitate quick and easy measurements:

- Smart one button "Auto Tune" function which automatically scans the full frequency range, detects and centers the maximum signal, and configures optimum values for RBW, VBW, sweep time and reference level

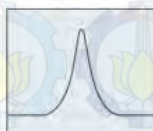
- Input attenuator and internal preamp are set automatically to optimal values based on the reference level
- Easy configuration of frequency, span, and amplitude
- Marker and peak search functions enabling rapid measurements
- 200 setups and reference spectrum measurements can be stored and recalled from either internal memory or USB flash drive
- File names can be customized and include a date and time stamp
- Large easy-to-read display. The backlight is adjustable and monochrome mode can be used for extreme lighting conditions

### Long battery life

The 2650A provides a battery operating time of up to 4 hours (approximately 3 1/2 hours with back light set to typical settings). Battery replacement is simple and doesn't require any hand tools. To fully charge the lithium-ion battery takes only approximately 4 hours (analyzer must be turned off). A two color LED indicates the charging status: "charging", "charge completed", "no battery detected" and "charging error".



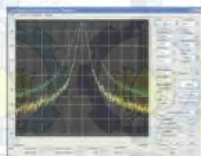
Detect the maximum level within full span.



Center the maximum signal, configure optimum parameters

### ▲ Simple and flexible documentation of your measurements

#### PC software



The 2650A series includes easy-to-use software for documentation and further analysis of your measurements. Connect the analyzer via USB cable to your PC, configure the analyzer remotely, then download measurement data and instrument settings for storage and further analysis.

- Continuously sweep and transfer trace data to the PC.

- Capture 1001 trace data points (twice the number of display dots) and store the data in CSV (comma separated values) format for detailed analysis (e.g., import into a spread sheet)
- Save the screen to a bitmap file or to the clipboard
- Control all instrument settings from the PC
- Download custom antenna gain factor compensation data to the instrument

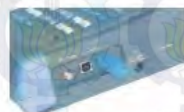
#### Conveniently save measurement data to USB flash drive

Easily save and recall measurement data and settings in CSV format directly to and from the USB flash drive. File names can be customized and have a time and date stamp. Users can choose to store measurement data and setups in separate files or combined in one file.

Using the Copy function, a screen image in bitmap format (BMP) can be directly stored to the USB drive. CSV data residing in internal memory can be stored to the USB drive in a lump sum.

#### Hardcopy to USB printer

Generate a hard copy of the display by directly connecting the optional USB printer model PT2650A to the 2650A series analyzer.



### ▲ Spectrum Analyzer with Tracking Generator, 50 kHz – 3.3 GHz Model 2652A

#### Built-in transmission measurement

The 2652A is a 2650A with a tracking generator added. The 2652A can be used to rapidly determine transmission characteristics of two-port RF devices.

Tracking generator specifications	
Frequency range	5 MHz to 3.3 GHz
Output Level	+10 dBm $\pm$ 1 dB @ 1 GHz (output level is fixed)
Output flatness	$\pm$ 1.5 dB
Output impedance	50 $\Omega$
Output connectors	N (f)

Input (spectrum analyzer)

Output (tracking generator)



Tracking generators are ideal for tuning filters, determining the usable frequency range of amplifiers and attenuators and aligning receiver IF stages.

The tracking generator's output frequency is the same as the frequency the spectrum analyzer is tuned to. This lets you see the amplitude

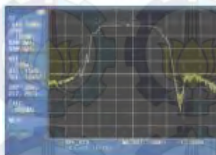
response of a circuit on the spectrum analyzer screen.

The analyzer's normalize function can be used to remove the effects of the cables connecting the device. This allows you to differentially measure a device's response without worrying about cable effects.

## APPLICATIONS

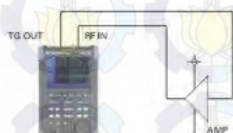
### Characterize the frequency response of a filter

Measure the frequency response of a passive component, e.g. a filter, over the 2652A's full range of 5 MHz to 3.3 GHz.



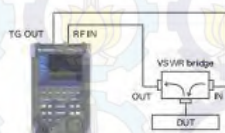
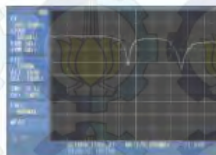
### Determine the gain characteristics of an amplifier

Characterize the frequency response of an active circuit such as an amplifier.



### Return loss measurement

Measure the return loss of an electric component or circuit with a VSWR bridge.



Handheld Spectrum Analyzers, 3.3 GHz & 8.5 GHz  
Models 2650A, 2652A & 2658A

Specifications		2650A, 2652A	2658A
Frequency section			
Frequency range		50 kHz to 1.1 GHz	50 kHz to 8.5 GHz
Center frequency	Setting resolution	20 kHz Settable with rotary encoder, numeric or function key	
	Accuracy	within $\pm (30 + 20T)$ kHz $\pm 1$ dot @ frequency span: 200 kHz to 10 MHz, RBW: 1 kHz, 23 $\pm 5$ °C within $\pm (60 + 300T)$ kHz $\pm 1$ dot @ frequency span: 20 MHz to max. frequency (1.1 GHz or 8.5 GHz), RBW: 100 kHz, 23 $\pm 5$ °C T: sweep time (s)	
	RBW frequency error	within $\pm 4$ kHz @ 1 kHz, 10 kHz, 10 kHz within 20% of RBW @ RBW: 100 kHz, 100 kHz within 10% of RBW @ RBW: 1 MHz, 1 MHz	
Frequency span	Range	0 Hz (zero span), 200 kHz to 2 GHz (1-2-5 step) and 1.1 GHz (full span)	0 Hz (zero span), 200 kHz to 5 GHz (1-2-5 step) and 8.5 GHz (full span)
	Accuracy	within $\pm 1\%$ $\pm 1$ dot @ sweep time of 0.1s, 23 $\pm 5$ °C	
Display resolution # of points per trace		501 dots on LCD screen, 1001 dots readout via PC (501 dots are visible on the display, 1001 dots of trace data are captured internally and can be transferred to a PC via USB device interface.)	
Resolution	Bandwidth	1 dB bandwidth	
	Range	1 kHz to 3 MHz (1-3 sequenced and AUTO)	
	Accuracy	$\pm 20\%$	
Selectivity		1:12 (typical), 1 dB: 60 dB	
Video bandwidth		100 Hz to 1 MHz (1-3 step) and AUTO	
SSB phase noise		-90 dBc/Hz (typical) @ 100 kHz offset, RBW: 1 kHz, VSW: 100 Hz, sweep time: 1 s	
Spurious response		less than -60 dBc	
Harmonics		less than -40 dBc @ $\geq 100$ MHz	
Amplitude section			
Reference level	Range	+10 to -60 dBm (1 dB step)	
	Accuracy	within $\pm 0.5$ dB $\pm 1$ dot @ center frequency: 100 MHz, RBW: 1 MHz, VSW: 1 MHz, REF: -15 dBm, 23 $\pm 5$ °C	
	Unit	dBm, dBm, dBm, dB, V, dBm, dB, A, m (dB, Vm and dB, A are used for measurement functions)	
Average noise level		-127 dBm (typical) @ CF: 1 GHz, RBW: 1 kHz, VSW: 100 Hz, Ref. level: -40 dB (preamp automatically ON)	
Frequency response		within $\pm 2.0$ dB $\pm 1$ dot @ 50 kHz to 100 MHz within $\pm 1.0$ dB $\pm 1$ dot @ 100 MHz to max. frequency (1.1 GHz or 8.5 GHz)	
Input impedance		50 $\Omega$	
Input VSWR		< 2.0	
Input attenuator	Operating range	0 to 25 dB (1 dB step), coupled with reference level	
	Switching error	$\pm 0.5$ dB @ 100 MHz	
RBW switching error		$\pm 0.5$ dB	
Display resolution (vertical)		1.81 dots/10 div	
Display scale	Scale	10 dB/div, 5 dB/div, 2 dB/div	
	Accuracy	$\pm 0.2$ dB $\pm 1$ dot/2 dB, $\pm 0.4$ dB $\pm 1$ dot/5 dB $\pm 0.8$ dB $\pm 1$ dot/10 dB, $\pm 1.8$ dB $\pm 1$ dot/50 dB	
Input damage level		+27 dBm (CV average power), 25 VDC	
Sweep section			
Sweep time	Range (1-3 step)	10 ms to 10 s and AUTO @ frequency span: 0 to 2 GHz 10 ms to 10 s and AUTO @ frequency span: full span	10 ms to 10 s and AUTO @ frequency span: 0 to 2 GHz 10 ms to 10 s and AUTO @ frequency span: 5 GHz, full span
	Accuracy	Within $\pm 0.1\%$ $\pm 1$ dot @ frequency span: 0 to 2 GHz within $\pm 1.5\%$ $\pm 1$ dot @ full span	Within $\pm 0.1\%$ $\pm 1$ dot @ frequency span: 0 to 5 GHz within $\pm 2.5\%$ $\pm 1$ dot @ full span



Handheld Spectrum Analyzers, 3.3 GHz & 8.5 GHz  
Models 2650A, 2652A & 2658A

<b>Sweep section (cont.)</b>		
Trigger	Trigger mode	AUTO (Available only for zero span)
	Trigger source	Internal and External
	Input voltage range	1 to 10 V <sub>p-p</sub>
	Frequency range	DC to 5 MHz
	Input coupling	DC coupling
	Trigger level	approx. 0.56 V <sub>RMS</sub>
	Input RC	approx. 10 kΩ / less than 15 pF
	Input damage level	± 50 V(DC + AC peak)
	Input connector	SMN
Detection mode		Positive peak, Negative peak, Sample
<b>Function</b>		
Marker measurement	NORMAL displays frequency (8 digits max) and level (4 digits max) at marker point. DELTA displays frequency difference and level difference between two markers.	
Peak search	NORMAL searches peak point within 10 dB full freq. range. This mode also supports NEXT peak (up to 10). ZONE searches peak point within a zone designated by center and width.	
Calculations	NORMAL MAX HOLD, MIN HOLD, AVERAGE, OVER WRITE MAX/MIN HOLD: 2 to 1024 AVERAGE: 2 to 256	
Measurements	Measure channel power, Adjacent channel leakage power, Occupied frequency bandwidth, Electric field strength (requires antenna), Magnetic field strength (requires magnetic field probe).	
Auto tuning	Automatically scans the full bandwidth, sets center frequency to the maximum signal within full span and centers it on center. Automatically adjusts reference level, RBW, VBW and sweep time to optimum values.	
Save/load	Save	Saves 200 reference spectrum measurements and 200 setups.
	Load	Loads one reference spectrum measurement and one setup.
<b>General</b>		
RF input connector		N <sup>0</sup> connector
USB Communication	Protocol	USB version 1.1 (full also work with USB 2.0 devices)
	Device Connector	B plug
	Transfer rate	12 Mbps
Hard copy		USB printer (option) connected to A plug (front) enables hard copy of screen.
Host connector		A plug
Display	Display	5.2 inch color TFT LCD
	Backlight	LED backlight
	Number of dots	640(0) x 480(0) dots
Power supply	Dedicated	Input: 100 to 240 VAC
	AC adaptor	Output: 9 VDC/2.6 A
	Lithium-ion battery	7.4 V/5000 mAh Li-Ion battery (VB400)
	Charge function	Capable of charging during power-off.
	Charge indicator	Indicates 4 conditions with two color LED 5 level indicator of remaining battery charge
<b>Environmental and Size</b>		
Operating temperature		0 to 50° C (guaranteed at 23 ± 10° C, without soft carrying case)
Operating humidity		less than 40 %/80 %RH (guaranteed at less than 11° C/70 %RH, without soft carrying case)
Storage temperature		-20 to 60° C, less than 60 %/70 %RH
Dimensions		6.38 (0) x 2.50 (0) x 10.43 (0) inch, 162(0) x 71(0) x 265(0) mm (excluding projections, protection bumper and stand)
Weight		approx. 1.5 kg or 4 lbs (including battery)
<b>Three-Year Warranty</b>		
Included Accessories	User manual, AC adaptor MA400, soft carrying case LC2650A, accessory pouch, PC software and USB cable, Lithium-ion battery MH400, certificate of calibration.	
Optional Accessories	Dipole antenna M401 – M406, magnetic field probe PR 26M, printer PT 2650A and extra roll paper PX 2650A	

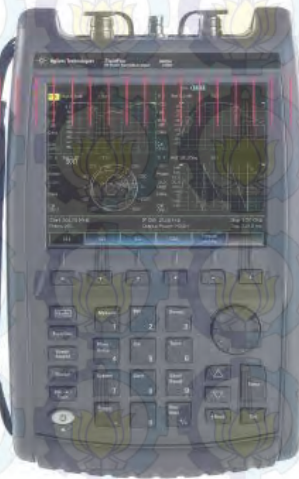
### ***C.3 Data Sheet Vector Network Analyzer***

**Keysight N9923A**

**FieldFox RF Vector Network Analyzer**

2 MHz to 4/6 GHz

Data Sheet



 **KEYSIGHT**  
TECHNOLOGIES

## FieldFox RF Vector Network Analyzer

Description	Specification	Supplemental Information
Frequency range	2 MHz to 4 GHz 2 MHz to 6 GHz	Option 104 Option 106
Frequency reference		
Accuracy	±2 ppm	
Aging rate	±1 ppm/yr	
Temperature stability	±1 ppm over -10 to 55 °C	
Frequency resolution	1 Hz < 3.2 GHz 1.2 Hz > 3.2 GHz	
Data points	101, 201, 401, 601, 801, 1001, 1601, 4001, 10,001 (custom number of points can be set using SCPI)	
Measurements		S11, S21 magnitude and phase S22, S12 magnitude and phase (option 122)
Formats		Log magnitude, linear magnitude, VSWR, phase, Smith chart, polar, group delay, unwrapped phase, real, imaginary
Directivity		
Corrected, with full two-port calibration, N9910X-800 calibration kit (option 122)	42 dB	
Corrected with QuickCal (option 112)		38 dB (typical)
System impedance	50 Ω (nominal)	75 Ω with appropriate adapter and calibration kit
System dynamic range <sup>1</sup> (IF bandwidth = 300 Hz)		
2 MHz to 6 GHz	90 dB	100 dB (typical)
Receiver dynamic range <sup>2</sup> (IF bandwidth = 300 Hz)		
2 MHz to 6 GHz		104 dB (typical)
Receiver compression level at 0.1 dB compression		+10 dBm (typical)
Test port output power		
High		+5 dBm (nominal)
Low		-40 dBm (nominal)
Manual		Power settable in 1 dB steps
Test port 1 or 2 damage level		
2 MHz to 6 GHz	+23 dBm	
Trace noise (high output power, IF bandwidth = 300 Hz)		
Magnitude		< 3 GHz, 0.008 dB rms (typical) > 3 GHz, 0.01 dB rms (typical)
Temperature stability		
Stability magnitude		0.01 dB/°C at 23 °C ±5 °C (typical)
IF bandwidths		300 Hz, 1 kHz, 3 kHz, 10 kHz, 30 kHz

1. System dynamic range = source maximum output power - receiver noise floor

2. Receiver dynamic range = receiver maximum input level - receiver noise floor



## FieldFox RF Vector Network Analyzer continued

Description	Information
<b>Display range</b>	
Log magnitude S11 or S22	-1000 to 1000 dB
Log magnitude S21 or S12	-1000 to 1000 dB
Log magnitude resolution	0.01 dB
Phase	-180 to +180 degrees
Phase resolution	0.01 degrees
VSWR	1.01 to 1000
VSWR resolution	0.01
Averaging	2 to 999 Two methods: sweep and point averaging
Number of traces	Four traces available, Tr1, Tr2, Tr3, Tr4
Data markers	Each trace has six independent markers that can be displayed simultaneously. Delta markers are available for each marker.
Marker formats	Default marker format is the trace format. In Smith chart or polar format, [Real +Imag] or [Mag and Phase] formats are also available.
Marker functions	Peak, Next Peak, Peak Left, Peak Right, Mkr→ Center, Min Search, Peak Excursion, Peak Threshold, Target, Bandwidth, Tracking
Sweep type	Linear
Sweep time	Set sweep time in seconds
Sweep trigger	Continuous, single
Display formats	Single-trace Dual-trace overlay (both traces on one graticule) Dual-trace split (each trace on separate graticules) Three-trace split (each trace on separate graticules) Quad-trace split (each trace on separate graticules)
Display data	Display data, memory, data and memory, or data math
Trace math	Vector division or subtraction of current linear measurement values and memory data.
Scale	Autoscale, scale, reference level, reference position Autoscale: Automatically selects scale resolution and reference value to center the trace. Autoscale all scales all visible traces.
Title	Add custom titles to the display.
Limit lines	Define test limit lines that appear on the display for go/no go testing. Lines may be any combination of horizontal, sloping lines, or discrete data points. Each trace can have its own limit line. Limit lines can be fixed or relative, and can be built from existing traces.
<b>Calibration Types</b>	
CalReady	Each FieldFox is calibrated at the test port.
Frequency response	Simultaneous magnitude and phase correction of frequency response errors for either reflection or transmission measurements.
Enhanced response	Corrects for frequency response and source match for transmission measurements, and corrects for reflection frequency response, directivity and source match errors for reflection measurements.
1-port calibration	Corrects for directivity, frequency response, and source match errors.

## FieldFox RF Vector Network Analyzer continued

Description	Information
2-port calibration (with option 122)	Full 12-term error correction. Corrects for directivity, source match, reflection frequency response, load match, and transmission frequency response for an N9923A with option 122, full two-port S-parameters. Unknown thru and QSOLT are both available.
1-port QuickCal (with option 112)	Corrects for directivity, frequency response, and source match errors, using internal and external standards. QuickCal is most accurate for DUTs with 7/16 and Type-N connectors and measurement uncertainties are provided for frequencies $\leq 6$ GHz. Reduced accuracy for DUTs with 3.5 mm (m), SMA (m), or other male coaxial connectors; performance is unspecified. QuickCal is not recommended for DUTs with 3.5 mm (f), SMA (f), or other similar female connectors. QuickCal is not applicable to waveguide.
2-port QuickCal (with option 112 and 122)	Full 12-term error correction. Corrects for directivity, source match, reflection frequency response, load match, and transmission frequency response. QuickCal is most accurate for DUTs with 7/16 and Type-N connectors and measurement uncertainties are provided for frequencies $\leq 6$ GHz. Reduced accuracy for DUTs with 3.5 mm (m), SMA (m), or other male coaxial connectors; performance is unspecified. QuickCal is not recommended for DUTs with 3.5 mm (f), SMA (f), or other similar female connectors. QuickCal is not applicable to waveguide.
Guided calibration wizard	FieldFox's calibration wizard recommends a calibration type and calibration kit based on selected parameters and connector types. Alternatively, users can select their own calibration type and calibration kit.
Interpolated error correction	With any type of accuracy enhancement applied, interpolated mode recalculates the error coefficients when the test frequencies are changed. The number of points can be increased or decreased and the start/stop frequencies can be changed, but the resulting frequency span must be a subset of the original calibration frequency span.

## Corrected measurement uncertainty, 2-port or enhanced response cal, high port power (default power)

Applies to N9923A, N9910X-800 Type-N (m) calibration kit, full 2-port or enhanced response calibration, IF bandwidth = 300 Hz, no averaging, data based on high port power of +5 dBm, 2-port cal available only with option 122.

	Corrected performance 2 MHz to 4 GHz	Corrected performance >4 GHz to 6 GHz
Directivity	42 dB	42 dB
Source match	36 dB	36 dB
Load match	40 dB	38 dB
Transmission tracking	$\pm 0.02$ dB	$\pm 0.06$ dB
Reflection tracking	$\pm 0.06$ dB	$\pm 0.06$ dB

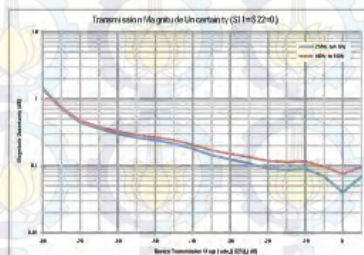


Figure 1: Transmission uncertainty (specification)

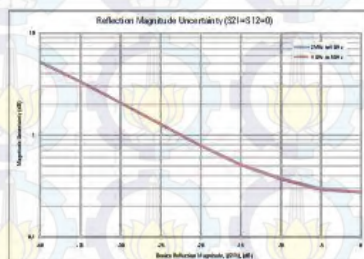
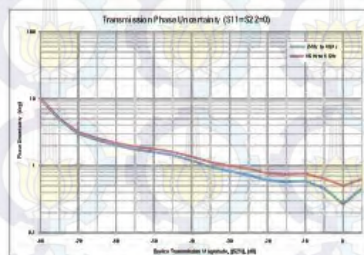
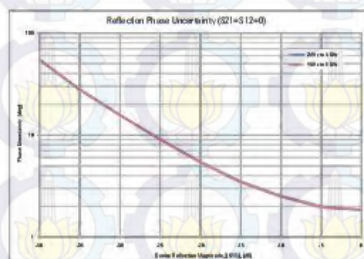


Figure 2: Reflection uncertainty (specification)





## Corrected measurement uncertainty, 2-port or enhanced response cal, low port power

Applies to N9923A, N9910X-800 Type-N (m) calibration kit, full 2-port or enhanced response calibration, IF bandwidth = 300 Hz, no averaging, data based on low port power of -40 dBm, 2-port cal available only with option 122.

	Corrected performance 2 MHz to 4 GHz	Corrected performance >4 GHz to 6 GHz
Directivity	42 dB	42 dB
Source match	36 dB	36 dB
Load match	40 dB	38 dB
Transmission tracking	$\pm 0.02$ dB	$\pm 0.06$ dB
Reflection tracking	$\pm 0.06$ dB	$\pm 0.06$ dB

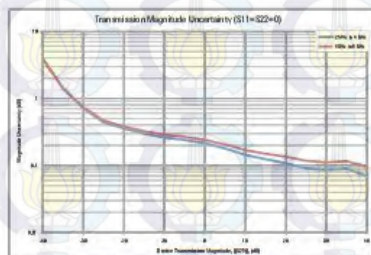


Figure 3: Transmission uncertainty (specification)

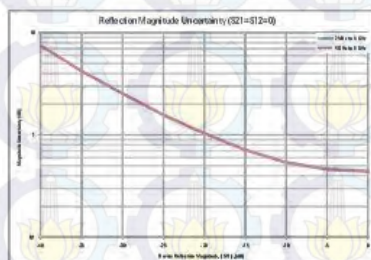
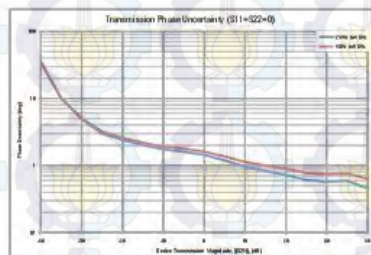
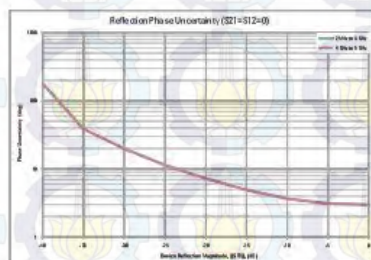


Figure 4: Reflection uncertainty (specification)



## Corrected measurement uncertainty, 1- or 2-port QuickCal, high port power (default power)

Applies to N9923A with option 112, QuickCal with load, IF bandwidth = 300 Hz, no averaging, 1-port female DUT, or 2-port female-female DUT, data based on high port power of +5 dBm, 2-port QuickCal requires option 122, typical performance.

	Corrected performance 2 MHz to 4 GHz	Corrected performance >4 GHz to 6 GHz
Directivity	38 dB	38 dB
Source match	33 dB	23 dB
Load match	37 dB	35 dB
Transmission tracking	+0.04 dB	+0.09 dB
Reflection tracking	+0.06 dB	+0.06 dB

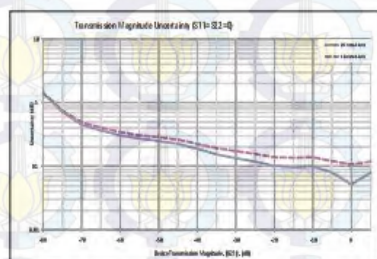


Figure 5: Transmission uncertainty

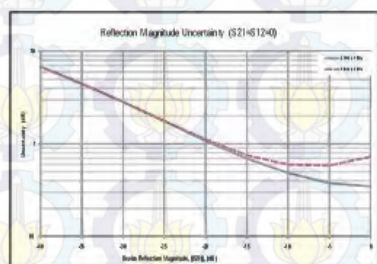
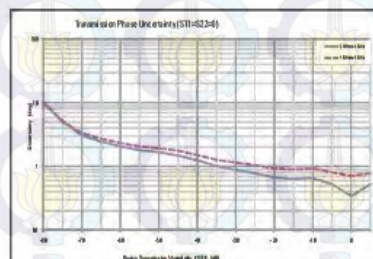
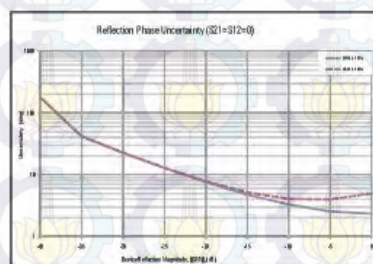


Figure 6: Reflection uncertainty



## Corrected measurement uncertainty, 1- or 2-port QuickCal, low port power

Applies to N9923A with option 112, QuickCal with load, IF bandwidth = 300 Hz, no averaging, 1-port female DUT, or 2-port female-female DUT, data based on low port power of -40 dBm. 2-port QuickCal requires option 122, typical performance.

	Corrected performance 2 MHz to 4 GHz	Corrected performance >4 GHz to 6 GHz
Directivity	38 dB	38 dB
Source match	33 dB	23 dB
Load match	37 dB	35 dB
Transmission tracking	$\pm 0.04$ dB	$\pm 0.09$ dB
Reflection tracking	$\pm 0.06$ dB	$\pm 0.06$ dB

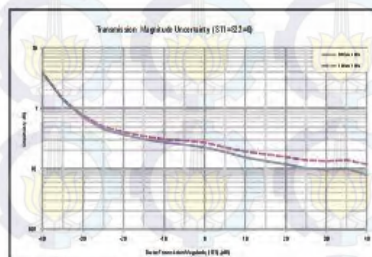


Figure 7: Transmission uncertainty

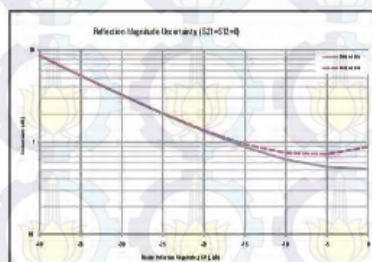
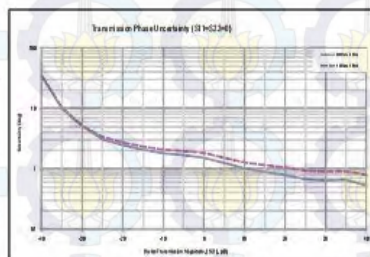
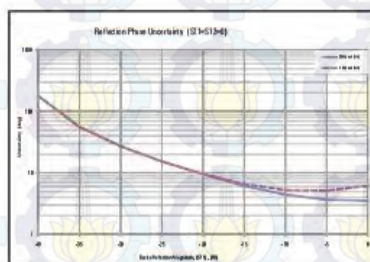


Figure 8: Reflection uncertainty





## Dynamic Accuracy

Accuracy of the test port input power, relative to the specified port power.

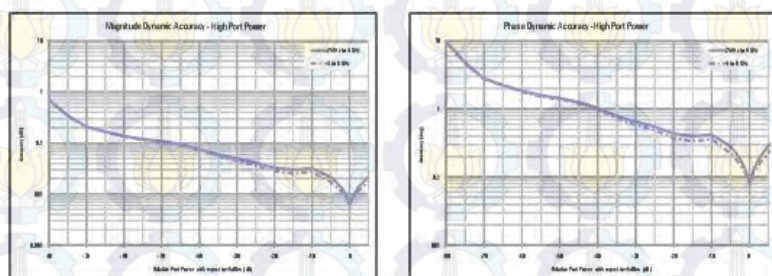


Figure 9: Dynamic accuracy (specification)

## Cable and Antenna Analyzer (option 305)

The following CAT mode performance parameters are in addition to the VNA mode performance parameters specified above.

Table 1: Cable and antenna analyzer specifications

Description	Specification	Supplemental Information
Cable loss		
Display range	0 to 100 dB	
Resolution	0.01 dB	
Distance-to-Fault		
Horizontal range	Range = [(Number of points - 1) / frequency span * 2] * velocity factor * speed of light	Number of points auto coupled according to start and stop distance entered
Horizontal Resolution	Resolution = Range / (number of points - 1)	Number of points set table by user
Bandpass mode Window types		Maximum, medium, and minimum windows

## External USB Power Sensor Support (option 302)

The external USB power sensor option supports the Keysight Technologies, Inc. USB Power Sensors. List of supported sensors available from: <http://www.keysight.com/find/usbsensorsforfieldfox>.

## Vector Voltmeter (option 308)

With vector voltmeter mode, you can characterize the difference between two measurements easily. The zeroing function allows you to create a reference signal, and characterize the difference between two device measurements.

- 1-port cable trimming - reflection or S11 measurement, magnitude and phase
- 2-port transmission - transmission or S21 measurement, magnitude and phase
- A/B and B/A - ratio of two receivers or channels, magnitude and phase –Need an external signal generator for the A/B or B/A measurement (must order option 122).

The results are shown on a large display in digital format. Refer to the network analyzer section for magnitude and phase accuracy information.

## Time domain (Option 010)

Using time domain, data from transmission or reflection measurements in the frequency domain are converted to the time domain. The time-domain response shows the measured parameter value versus time.

### Time stimulus modes

- Low-pass step  
This stimulus, similar to a traditional time domain reflectometer (TDR) stimulus waveform, is used to measure low-pass devices. The frequency-domain data should extend from DC (extrapolated value) to a higher value.
- Low-pass impulse  
This stimulus is also used to measure low-pass devices.
- Bandpass impulse  
The bandpass impulse stimulates a pulsed RF signal and is used to measure the time-domain response of band-limited devices.

### Windows

The windowing function can be used to filter the frequency-domain data and thereby reduce overshoot and ringing in the time-domain response.

### Gating

The gating function can be used to selectively remove reflection or transmission time-domain responses. In converting back to the frequency domain the effects of the responses outside the gate are removed.

## Remote control capability, Option 030

Option 030 adds remote control capability to the FieldFox analyzers that allows FieldFox to be controlled via an iOS device. The FieldFox app, running on the iOS device, combined with Option 030 on the FieldFox analyzer provides full control of the instrument from a remote location. The app emulates the front panel of the unit, so users can press any FieldFox key right from their iOS device, including hardkeys or softkeys.

### iOS device requirements

- iPad, iPhone, or iPod Touch
- iOS of 5.1 or higher
- A WiFi or 3G/4G connection

The FieldFox app communicates with FieldFox via a network connection, both the iOS device and FieldFox need to be on a network where both devices can reach the other. For example, a company intranet or a site installation using a wireless router. FieldFox can be directly connected to a LAN cable, or if wired LAN is not available, a user supplied wireless router can be configured to work with FieldFox. A wireless router is not included with FieldFox.

### FieldFox app without Option 030

The FieldFox app can be installed on an iOS device independent of the presence of Option 030 on the analyzer. Without Option 030, users can view the live display screen of their FieldFox remotely, but cannot control the instrument. FieldFox with Option 030 installed allows users to both view and control their FieldFox. Control refers to the ability to press hardkeys, softkeys, make or change measurements, etc.

Option 030 does not include an iOS device, users must supply their own. Option 030 is a license on the FieldFox analyzer.

Option 030 and the FieldFox app are not applicable to Android, BlackBerry, or Windows phone/tablet devices.

## Block Diagram

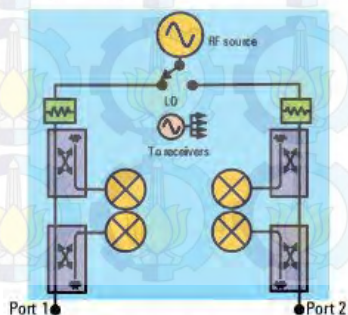


Figure 10: N9923A with option 122

## Measurement throughput

Cycle time data, 1001 points, CalRdy, typical information.

### Measurement speed

S11: 1.75-3.85 GHz	1.4 ms/point
S21: 1.78-2.06 GHz	1.4 ms/point



## General Information

Description	Specification	Supplemental Information
Calibration cycle	1 year	
Environmental	Keysight Technologies outdoor equipment class <sup>1</sup> MIL-PRF-28800F class 2	
Altitude – operating	9,144 m (30,000 ft)	Under battery operation [AC to DC adapter rated at 3,000 m (9,840 ft)]
Altitude – non-operating	15,240 m (50,000 ft)	
Intrusion protection	IP 30 IEC/EN 60529	
Temperature range		
Operating		
AC power	-10 to 55 °C	
Battery	-10 to 50 °C	-10 to 55 °C (typical)
Storage	-51 to 71 °C	With the battery pack removed. The battery packs should be stored in an environment with low humidity. Extended exposure to temperature above 45 °C could degrade battery performance and life.
EMC		
Complies with European EMC Directive 2004/108/EC	EC/EN 61326-1 CISPR Part 11 Group 1, class A AS/NZS CISPR 11 ICES/NMB-001	
ESD	IEC/EN 61000-4-2	
Safety		
Complies with European Low Voltage Directive 2006/95/EC	EC/EN 61010-1 2 <sup>nd</sup> Edition Canada: CSA C22.2 No. 61010-1-04 USA: UL 61010-1 2 <sup>nd</sup> Edition	
Power		
Power supply		
External DC input	15 to 19 VDC	40 W maximum when battery charging
External AC power adapter		Efficiency Level IV, 115 VAC
Input	100 to 250 VAC, 50 to 60 Hz 1.25 – 0.56 A	
Output	15 VDC, 4 A	
Power consumption		On: 14 W (typical)

1. Samples of this product have been type tested in accordance with the Keysight Environmental Test Manual (ETM) for outdoor equipment (OE) and verified to be robust against the environmental stresses of storage, transportation and end use; those stresses include but are not limited to temperature, humidity, shock, vibration, altitude and power line conditions.

## General Information (continued)

Description	Specification	Supplemental Information
Headphone Jack Connector	3.5 mm (1/8 inch) miniature audio jack	
USB		
USB-A (2 ports)	Hi-speed USB 2.0	
Mini USB (1 port)	Hi-speed USB 2.0	Provided for future use.
LAN	100Base-T ONLY	10Base-T is NOT supported
External Programming	RJ-45 connector	
The built-in LAN interface and firmware support data transfer and control via direct connection to a LAN network.		
External Reference /Trigger Input		
Connector	BNC female	
External reference		
Input frequency	10 MHz	
Input amplitude range		-5 dBm to +10 dBm (nominal)
Impedance		50 $\Omega$ (nominal)
Lock Range		$\pm 10$ ppm of external reference frequency (nominal)
Trigger Input		
Impedance		10 K $\Omega$ (nominal)
Level Range		
Rising Edge		1.7 V (nominal)
Falling Edge		1 V (nominal)

## FieldFox Data Link Software

FieldFox Data Link software, installed on a PC, provides the following capabilities:

- Capture of current trace and setting
- Opening of data files (s1p, s2p, csv, sta, and png) residing on the instrument
- Editing cal kit and cable files on the instrument, or creating new cal kits and cables
- Transferring files to/from the instrument
- Annotating plots for documentation purposes
- Marker, limit line, and format changes on the PC
- Report generation
- Printing function

FieldFox Data Link Software is available from Keysight FieldFox Customer Support <http://www.keysight.com/find/fieldfoxsupport>

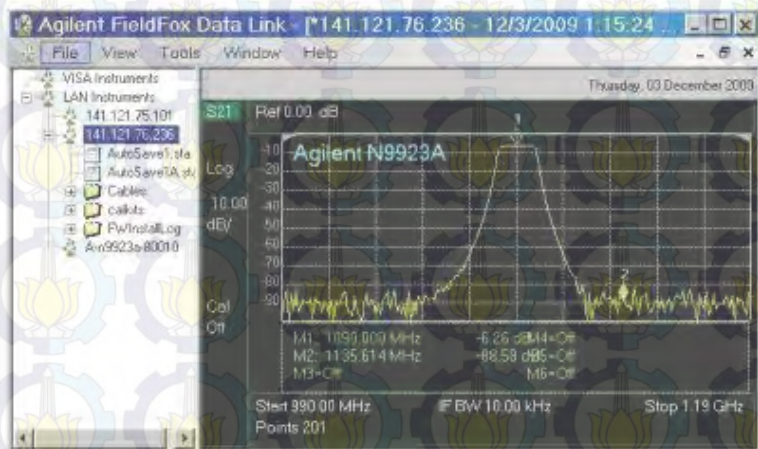


Figure 11: FieldFox Data Link Software



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Skollnik, M.I., "Introduction to Radar System", Mc-Graw-Hill Education, New York, Ch. 1, 2001.
- [2] Stutzman, W.L., Thiele, G.A., "Antenna Theory and Design" John Wiley&Sons, Inc., Massachusets, Ch. 1, 2012.
- [3] Bretchko, P., Ludwig, R., "RF Circuit Design Theory and Applications", Prentice Hall, New Jersey, Ch. 2, 2000.
- [4] Wibowo, S.H., "Desain Antena *Microstrip Patch* Segitiga *Fractal Planar* pada Frekuensi Pita L untuk Sistem Komunikasi Satelit", Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Ch. 2, 2015.
- [5] Garg, R., Bhartia, P., Bahl I., Ittipiboon, A., "*Microstrip* Antenna Design Handbook", Artech House, Inc., Massachusets, Ch. 1, 2001.
- [6] -, "IEEE Standard Definitions of Terms for Antennas", IEEE Antennas and Propagation Society, New York, Ch. 4, 2013
- [7] Balanis C. A., "Antenna Theory Analysis and Design", John Wilay & Sons, Inc., New Jersey, Ch. 6, 2005
- [8] Hendrick," Trafo  $\Lambda/4$ " <URL: <http://creativenanomed.blogspot.co.id/2011/02/trafo-lambda4.html>>, Desember, 2015
- [9] Khana, R., Kaur J., Ahuja N., "Design of Single Band Rectangular *Patch* Antenna for WLAN Application", Proc. of International Conference on Recent Advances and Future Trends in Information Technology, 2012
- [10] Stutzman, W.L., Thiele, G.A., "Antenna Theory and Design" John Wiley&Sons, Inc., Massachusets, Ch. 10, 2012.
- [11] Gillespie, E.S., Kummer W., "Antanna Measurements-1978", Proc. of The IEEE, Vol. 66, pp.483-507, April, 1978

## BIOGRAFI PENULIS



Nazmi Rasyidin lahir di kota Jakarta pada tanggal 25 Mei 1992. Penulis mengenyam pendidikan dasar di Serang dan Sukabumi, SMP Nurul Fikri Boarding School dan SMA-PU AL-Bayan Sukabumi sebelum akhirnya memutuskan untuk melanjutkan pendidikan tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Penulis mengambil jurusan teknik elektro dan fokus pada bidang studi telekomunikasi multimedia. Selama aktif berkuliah di ITS, penulis mengikuti beberapa kepanitiaan mahasiswa. Pengalaman akademik dan aktivitas laboratorium sebagai asisten laboratorium Jaringan Telekomunikasi B.301 turut berkontribusi dalam mengembangkan kemampuan penulis selama berada di ITS.